M. Schiemann

Elektrische Bahnen.

II. Band.

Haupt-, Neben- und Industrie-Bahnen.

El… n.

Bau und Betrieb
Elektrischer Bahnen.

Handbuch

zu deren

Projektierung, Bau und Betriebsführung

von

Max Schiemann

Civil-Ingenieur für elektrische Bahnen.

II. Band.

Haupt-, Neben- und Industriebahnen.

Mit 189 Abbildungen und statistischen Tabellen.

LEIPZIG
VERLAG VON OSKAR LEINER
1899.

Vorwort.

Bei der Bearbeitung des I. Bandes meines Werkes hatte ich vornehmlich die Strassenbahnen (Kleinbahnen) in Behandlung genommen, weil sich aus diesen heraus der elektrische Eisenbahn-Betrieb grundlegend entwickelt hat. Während sich daher der I. Teil fast ausschliesslich mit den, sowohl technisch als auch wirtschaftlich als abgeschlossen geltenden Strassenbahnen befassen konnte, ist der hier vorliegende II. Band denjenigen Bahnausführungen gewidmet, welche teils besondere, teils noch in der Zukunft liegende Gebiete des Eisenbahnbaues und -Betriebes umfassen.

Die im nachfolgenden registrierten, mit zahlreicher Litteratur belegten und viel versprechenden Anfänge, harren zum grössten Teil für ihre allgemeine Anwendung noch der durchschlagenden wirtschaftlichen Lösung. Die von der elektrischen Bahntechnik genommenen Anläufe lassen indes den gesunden Kern schon heute erkennen, sodass es mir zeitgemäss erschien, alles dasjenige zu sammeln, was für die Ausbildung des elektrischen Eisenbahn-Betriebes im grossen und ganzen zu wissen nötig ist.

Ich habe mich bemüht, da, wo die eigenen Anschauungen und Erfahrungen nicht mehr ausreichten, die Litteratur zu benutzen, und habe nach Möglichkeit kurze Auszüge unter Angabe der Litteraturquellen gebracht. Eine wesentliche Unterstützung fand ich bei den grossen Firmen durch Überlassung von Clichés und Erfahrungsresultaten. Auch für die Aufstellung der Statistik für elektrische Bahnen standen mir die Angaben der Firmen zur Seite, und verfehle ich nicht, an dieser Stelle den Firmen selbst und Herrn Julius Weil, welcher die Zusammenstellung der Statistik geleitet hat, meinen besten Dank auszusprechen.

Eine scharfe Trennung der einzelnen Kapitel nach ihrem Inhalt liess sich nicht ganz durchführen, da sich ein Ineinandergreifen der hier folgenden Kapitel nötig machte.

Die im Text und als Fussnoten angegebenen Litteraturquellen dienen als Ergänzung meiner Auszüge, damit der Umfang des Werkes nicht allzu gross wurde. Nur wo es besonderer Kritiken bedurfte, habe ich dieselben beigefügt.

Dresden, im September 1899.

Max Schiemann,
Civil-Ingenieur für elektrische Bahnen
und Anlagen.

Inhalt.

XIII. Grosseisenbahnen.

XIV. Stromzuführungen für Vollbahnen.

XVI. Industriebahnen.

XVII. Statistik elektrischer Bahnen.

I. Firmen-Tabellen.

II. Länder-Tabellen.

Berichtigungen.

Seite 23, 7. Zeile von unten Stansstadt statt Stausstadt.
» 61, 19. » » oben Transformatoren statt Transformator.
» 63, 3. » » unten Kurzschluss statt Kreuzschluss.
» 116, 11. » » » Laufräder statt Laufräderer.

VII.

Wechselstrombahnen.

Die in den Kapiteln I bis VI des ersten Teiles meines Werkes über »Bau und Betrieb elektrischer Bahnen« behandelten Anlagen gründen sich auf die Ausnutzung des Gleichstromes für Bahnen. Es liegt indes nahe, auch den Wechselstrom als Einphasen- oder Mehrphasenstrom für Bahnanlagen zu benutzen, und zwar besonders da, wo es sich um Überwindung grosser Entfernungen zwischen Krafterzeugungsstation und Kraftverbrauchsstellen handelt.

1. Einphasige Wechselstrombahnen.

Der einphasige Wechselstrom eignet sich seiner leichten Transformierung wegen sehr gut für Fernleitungen, jedoch sind einphasige Wechselstrommotoren zur Zeit noch nicht so weit entwickelt, dass man mit ihnen direkt Bahnwagen antreiben könnte. Im allgemeinen besitzt der Wechselstrommotor Zugkraft und Nutzeffekt in genügender Weise bei seiner normalen synchronen Geschwindigkeit; dagegen hat er nicht die Fähigkeit, beim Anziehen bezw. Anfahren der Wagen ohne Zuhilfenahme von Komplikationen die nötigen Zugkräfte auszuüben. Es sind daher die verschiedenartigsten Vorschläge gemacht worden, um den einphasigen Wechselstrom im Wagen selbst so umzuwandeln, dass er in den Motoren als Mehrphasenstrom zur Geltung kommt. Z. B. ist über diese Umwandlung des Einphasenstromes in Mehrphasenstrom von G. Ferraris und R. Arno eine sinnreiche Konstruktion angegeben worden (vergl. ETZ 1896, Heft 23). Bekanntlich entsteht im Einphasenmotor bei synchronem Lauf seines Ankers durch die Rückwirkung der im Anker erzeugten Wechselströme auf das Wechselfeld ein resultierendes Drehfeld von konstanter Stärke wie in Mehrphasenmotoren. Dieses Feld ersetzt uns die rotierenden Magnetpole in einem Mehrphasengenerator und durch Anordnung der Wickelungen wie in diesem kann man sowohl Zwei- als auch Dreiphasenstrom erzeugen. Der feststehende Teil des Einphasenmotors ist gleichzeitig Feld für die Erzeugung des Drehfeldes

und Armatur für die erzeugten Ströme mit gegen den das Feld erzeugenden Wechselstrom verschobener Phase. Der Spannungsabfall in den vom Drehfeld aus erzeugten Phasen ist aber enorm, wegen des geringen magnetischen Widerstandes des Systems, und hierin ist neben der grossen Komplikation, die die Notwendigkeit eines leerlaufenden Wechselstrommotors als »Phasentransformator« mit sich bringt, ein Hauptübelstand dieser Erfindung zu suchen.

Nach dem angegebenen Prinzip ist der in Fig. 1 dargestellte Wagen geschaltet. F ist der Fahrdraht und S die Schienenleitung. Zwischen diese Leitungen ist die Feldspule s_1 des Phasentransformators T eingeschaltet. Ebenso sind die Spulen M der beiden Motoren geschaltet. In der Figur sind der Einfachheit wegen zweipolige Motoren und ein zweipoliger Phasentransformator angenommen. Die zweite Phase der Motoren ist durch die Drähte C und D mit der Spule s_2 des Phasentransformators verbunden. Rotiert der Kurzschlussanker K des Phasentransformators T synchron, so entstehen in den Spulen s_1 und s_2 elektromotorische Kräfte, deren Phasen um $^1/_4$ Periode gegeneinander verschoben sind, die Motoren M erhalten also Zweiphasenstrom. Zur Kompensation des Spannungsabfalles muss s_2 mehr Windungen erhalten wie s_1. Zur Regulierung der Zugkraft und Fahrgeschwindigkeit dienen die in die Anker H der Drehstrommotoren eingeschalteten Widerstände R. Sie sind, um die Skizze nicht zu komplizieren, einphasig gezeichnet, in Wirklichkeit wären sie natürlich dreiphasig auszuführen.

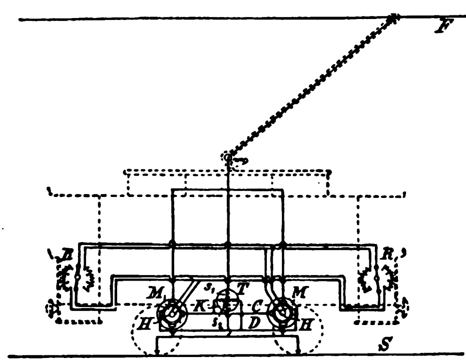


Fig. 1.

Die Anlassvorrichtung für den als Phasentransformator dienenden Wechselstrommotor T ist in der Skizze weggelassen.

Für Bahnen wird das beschriebene System wohl kaum Verwendung finden, und ist es hier nur der Originalität wegen angeführt worden. Hingegen kann die Methode der Herren Ferraris und Arno in gewissen Fällen nützlich verwertet werden, wenn es sich um den Anschluss mehrerer Motoren, die mit Zugkraft anlaufen sollen, an eine bestehende Wechselstromcentrale handelt. In Zürich ist eine kleine Anlage nach diesem Prinzip von der Maschinenfabrik Oerlikon zum Betrieb von Webstühlen mit Drehstrommotoren von $^1/_8$ bis $^1/_2$ PS mit Erfolg ausgeführt worden.

Ein weiterer Vorschlag, einphasigen Wechselstrom für den Antrieb einer Bahn zu verwenden, ist von Siemens & Halske (vergl. ETZ 1897, Heft 35, Seite 544) und, unabhängig von diesen, von Déri (vergl. ETZ 1897, Heft 33, und »Elektrizität« 1897, Heft 16) ein Wechselstrom-Gleichstrom-Bahnsystem angegeben, welches darauf hinausläuft, in jedem Bahnwagen mindestens einen Wechselstrommotor, oder mindestens einen Gleichstrommotor und eine Akkumulatorenbatterie mitzuführen. Der Gleichstrommotor, im Verein mit der Akkumulatorenbatterie, soll dazu dienen, beim Anfahren in Thätigkeit zu treten und den Wechselstrommotor derart zu unterstützen, dass er allmählich in seine Phase treten kann. Erst bei einer bestimmten Geschwindigkeit des Zuges kann der einphasige Wechselstrommotor zur Wirkung gelangen. Derselbe erhält den Wechselstrom direkt durch S_1 und S_2 zugeführt, wie dies in beistehender Fig. 2 schematisch gezeigt ist. Während der Fahrt wird naturgemäss der

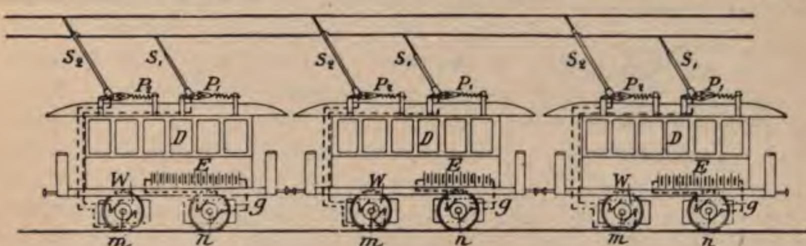


Fig. 2.

Gleichstrommotor G mitbewegt und dieser ladet die Akkumulatorenbatterie E, welche jederzeit bereit ist, bei starken Beanspruchungen dem Wechselstrommotor helfend beizustehen. Auf den Achsen m sind Wechselstrommotoren, auf n Gleichstrommaschinen befestigt. Die Verhältnisse der Akkumulatorenbatterie sind so bemessen, dass sie mit denen der Gleichstrommaschine harmonieren.

Befindet sich nun der Zug in seiner normalen Geschwindigkeit, so werden die Gleichstrommotoren eine elektromotorische Kraft entwickeln, welche sie befähigt, die Akkumulatoren zu laden; fällt die Geschwindigkeit des Zuges andererseits auf eine gewisse Grenze herab, so werden die Akkumulatoren Strom an die Gleichstrommotoren abgeben, sodass dieselben befähigt werden, eine Zugkraft zu entwickeln, welche zur Fortbewegung des Zuges beitragen kann. In solchen Fällen können die Gleichstrommotoren, welche im allgemeinen als Nebenschlussmotoren gedacht sind, entweder den Zug ganz allein vorwärts bewegen oder sie können auch mit den Wechselstrommotoren diesbezüglich zusammenwirken. Hauptsächlich wird die Thätigkeit der von den Akkumulatoren gespeisten Gleich-

strommotoren, wie bereits erwähnt, beim Anziehen des Zuges in Frage kommen, dann aber auch in solchen Fällen, wo die Leitungen unterbrochen werden sollen, z. B. auf Bahnhofsanlagen, oder auch, um bei Steigungen dem Zug vermehrte Energie zuzuführen. Eine solche Anordnung ermöglicht es auch, um beim Versagen der den Wechselstrom zuführenden Leitungen den Zug bewegungsfähig zu erhalten.

Fig. 3 zeigt die innere Wagenschaltung nach den Déri'schen Vorschlägen, wobei die Wechselstrommotoren als Drehstrommotoren vorgesehen sind. Das ganze System ist natürlich auf den Fernverkehr zugeschnitten.

Neben der nicht zu verleugnenden Kompliziertheit dieses Systems ist als ein grosser Übelstand zu bezeichnen, dass das bei elektrischen

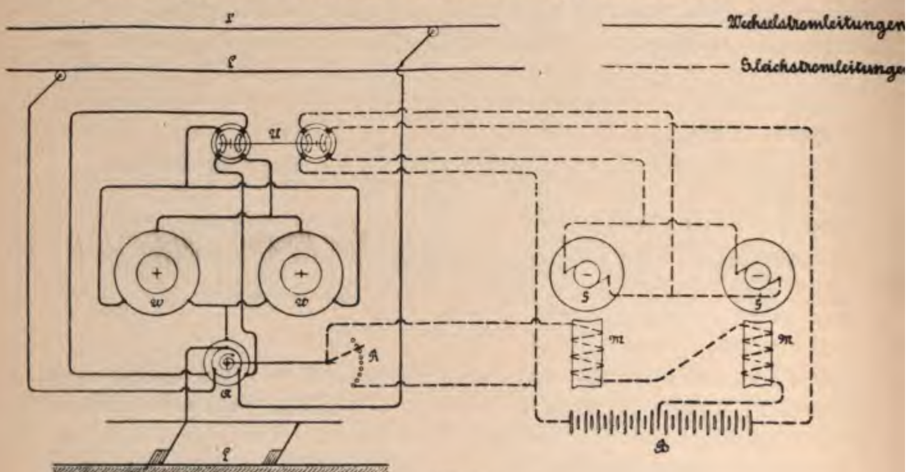


Fig. 3.

Bahnen so sehr vereinfachte Signalisierungs- bezw. Warnungssystem wieder auf den alten Standpunkt der Dampfbahnen zurückkehrt. Man sollte es als einen Vorteil betrachten, elektrische Fernbahnen durchgehends mit direkter Stromzuführung zu versehen, da alsdann der Streckenbeamte bez. Stationsvorsteher jederzeit in der Lage ist, auch ohne optische oder akustische Signale den Zug zum Stehen zu bringen. Durch Abschaltung des Betriebsstromes von der befahrenen Strecke kann er den Motoren die treibende Kraft entziehen, durch Kurzschluss der Stromzuleitung kann er die Wagenmotoren als Bremsen wirken lassen und die Akkumulatorenbatterien im Wagen durch Schmelzen von Wagen-Bleisicherungen oder Ausspringen von Wagenautomaten im Batteriestromkreis in ihrer Stromgebung unterbrechen. Bei dem genannten System ist dies an den Stellen, die

direkte Stromzuführung zu den Wechselstrommotoren besitzen, unmöglich, weil folgerichtig der Gleichstromkreis (Akkumulatoren, Gleichstrommotor) in Thätigkeit treten muss, sobald ohne Willen des Wagen- bezw. Zugführers die Wechselstrommotoren zu arbeiten aufhören, und weil der Gleichstromkreis keine Verbindung mit der Fahrleitung besitzt. Im übrigen stellt sich das System als eine Beschönigung der Schwächen des reinen Wechselstrommotors dar. Ein für Eisenbahnzwecke geeignetes System kann nur dann fruchtbringend sein und die Möglichkeit seiner Einführung in sich schliessen, wenn es die denkbar einfachsten Konstruktionen und Schaltungen aufweist. Direkte Zuleitung für die Fernbahnen ist zudem nicht so schwer ausführbahr, selbst wenn sie dreipolig sein muss. Selbstverständlich muss es unterbleiben, den Strom von über den Geleisen befindlichen Fahrdrähten abzunehmen, vielmehr muss im Gleisniveau die Stromabgabeschiene sich befinden und, was die Hauptsache dabei ist, nur immer für kurze Strecken ein- und ausschaltbar gemacht werden können. Dieses Ein- und Ausschalten kann sowohl selbstthätig als auch von Hand der Bahnwärter und Stationsbeamten erfolgen. Für das selbstthätige Einschalten sind genügend Teilleiter-Konstruktionen angegeben worden und harren der Anwendung, die sich bei Bahnen mit eigenem Bahnkörper besonders günstig gestalten würde. Bei einer Stromzuführung im Gleisniveau machen die drei Zuleitungen und die entsprechenden Stromzuführungen keine Schwierigkeiten. Verlegt man nämlich innerhalb der Gleisspur noch zwei isolierte eiserne Stromleiterschienen, auf denen ein zweipoliger Kontaktwagen läuft, so hat man drei Leitungen (Laufschienen und zwei Kontaktschienen) zur Verfügung, die an sicherer Kontaktgebung nichts zu wünschen übrig lassen. Um die durch eiserne Leitungen erfolgenden Phasenverschiebungen zu vermeiden, dienen diese eben nur zur Stromabgabe und sind öfters mit besonderen Kupferleitungen verbunden. Weichen und Kreuzungen können stromlos überfahren werden, da die Anordnungen so sein können, dass die Länge des Wagens das stromlose Stück überragt. Beim unterirdischen Stromzuführungssystem ist ein ähnlicher Fall überwunden worden.

Siemens & Halske, Aktien-Gesellschaft, hat neuerdings eine weitere Stromleitungseinrichtung für elektrische Bahnen mit Wechselstrombetrieb zum Patent angemeldet.

Die Erfindung verfolgt den Zweck, die Leitungsanlage elektrischer Bahnen mit Wechselstrombetrieb zu vereinfachen, was besonders in Weichen und Kreuzungen von Wichtigkeit ist.

An denjenigen Stellen der Bahnstrecke, wo eine kleine Leistung verlangt wird, also in ebener normaler Strecke, werden zwei Kontaktleitungen vorgesehen, welche mit einphasigem Wechselstrom aus der

Kraftstätte gespeist werden. Da, wo eine grosse Leistung verlangt wird, also an den Anfahrstellen und auf Steigungen, werden drei Kontaktleitungen vorgesehen, welche mit Mehrphasenstrom entweder aus der Kraftstätte oder aus einem auf der Strecke aufgestellten Einphasen-Mehrphasen-Umformer gespeist werden. Die Fahrschiene kann natürlich in beiden Fällen zur Leitung mitbenutzt werden.

Um auf einfachere Art die Vorteile des Wechselstromes für Bahnzwecke auszunutzen, solange wenigstens, bis sich der Wechselstrommotor als selbständiger Bahnmotor bewährt haben wird, sind für die Transformierung des hochgespannten Wechselstromes in 500 voltigen Gleichstrom stationäre Rotationsumformer in Anwendung gekommen. Dieselben bestehen z. B. aus asynchronen Wechselstrommotoren, welche je mit einer entsprechenden Gleichstromdynamo möglichst direkt gekuppelt sind. Bei synchronen Motoren sind zum mindesten grosse Schwungräder zwischen Motor und Dynamo zu schalten, damit der Synchronismus bei den auftretenden Schwankungen des Stromverbrauches nicht beeinträchtigt werden kann. Zur Bedienung eines derartigen Umwandlers ist nur eine Person erforderlich, welche noch mit irgend einer Nebenbeschäftigung versehen werden kann.

Der Drehstrom als Kraftübertragung von einer grossen Centralstation nach kleineren Bahnunterstationen wurde zum ersten Male in Amerika in Norwich, Conn., von der General Electric Company angewandt.

In Taftville wird der Drehstrom erzeugt und nach dem 6,5 *km* entfernten Ponemah übergeführt, woselbst mittels eines synchronen Motors eine für den Bahnbetrieb aufgestellte Dynamo angetrieben wird. Desgleichen wird in Folsom, Cal., Dreiphasenstrom von 11 000 Volt Spannung erzeugt und auf eine Entfernung von 38,6 *km* nach Sacramento übertragen, um hier mittels Rotationstransformatoren (Drehstrommotor-Gleichstrom-Dynamo) auf die Bahnbetriebsspannung von 500 Volt umgewandelt zu werden. Diese Anlage funktioniert seit ihrer Eröffnung gut.

Zwischen Detroit und Port Huron ist eine 95 *km* lange Bahn gebaut worden, bei welcher die Kraftübertragung durch Drehstrom mit Umformern auf Gleichstrom in vier Motorstationen erfolgt. Die Kraftstation ist in Mc. Sweeny's Pleasure Ground errichtet und mit vier 800 Kilowatt-Dampfdynamos ausgerüstet. Der Wagenpark wird aus 15 Motorwagen und 15 Anhängewagen bestehen. Die Motorwagen sind 14 *m* lang und wiegen 33 500 *kg*. Sie erhalten Motorenausrüstung für 200 bis 300 PS, sodass eine Fahrgeschwindigkeit von 95 *km* pro Stunde möglich ist. Die normale Fahrgeschwindigkeit soll 70 *km* pro Stunde betragen.

Schliesslich ist in Lowell, Massachusetts, eine ähnliche, noch etwas einfachere Anlage betreffs der Transformierung eingeführt und als bewährt gefunden worden.

Zwischen den drei amerikanischen Städten Lewiston, Brunswick und Bath ist eine Bahnanlage mit Gleichstrom-Drehstrom-Gleichstrom-Betrieb neuerdings in Betrieb gekommen, über welche ETZ 1899, Heft 13, S. 231, näheres berichtet.

Bei uns in Deutschland befinden sich die Hannoverschen Aussenstrecken mit Drehstrom-Gleichstrom-Unterstationen im Ausbau. Die Londoner Untergrundbahn, welche in Kap. IX näher beschrieben ist, hat ebenfalls gleiches System aufzuweisen.

Ein weiteres Verfahren, hochgespannten Wechselstrom in 500 Volt Gleichstrom zu verwandeln, ist durch den Pollak'schen Umwandler angedeutet. Hier wird zunächst durch einen gewöhnlichen Wechselstromtransformator der Fernstrom auf 500 Volt Wechselstrom gebracht. Alsdann wird der Wechselstrom mittels eines gewöhnlichen rotierenden Kommutators, der wiederum durch einen synchronen Motor bewegt wird, zum Gleichstrom derselben Spannung gewendet.

Derartige Anlagen sollen sich in Anwendung befinden in Bielitz-Biala und Rom. Bei ersterer Anlage arbeitet der Gleichrichter parallel mit einer Akkumulatorenbatterie, in letzterer steht derselbe als Reserve für eine Gleichstrom-Dynamomaschine, welche neben der städtischen Wechselstrom-Beleuchtungs-Centrale für die kleine Bahn aufgestellt wurde, bereit. Ein prinzipieller Nachteil dieses Verfahrens liegt in der Unmöglichkeit, einen kontinuierlichen Strom zu erhalten, da die Strom- und Spannungsschwankungen des Wechselstroms bezw. Drehstroms unverändert bleiben, sich vielmehr nur auf die eine Seite der Nullachse legen. Die Erdströme machen die gleichen Schwankungen mit und ziehen damit die Störungsbereiche in Mitleidenschaft.

Man rechnet unter gewöhnlichen Verhältnissen mit 70—75 % Nutzeffekt bei Akkumulatoren und muss bei dem Pollak'schen Verfahren mit einem wesentlich geringeren Effekt zufrieden sein, weil nur ein Teil der erzeugten Energie für das Laden der Akkumulatoren ausgenutzt werden kann.

Prof. Grätz hat auf dem Verbandstage der Deutschen Elektrochemischen Gesellschaft in München 1897 einen eingehenden Vortrag über ein elektrochemisches Verfahren, Wechselstrom in Gleichstrom zu verwandeln, gehalten. In der Zeitschrift für Elektrochemie 1897, Heft 2, Seite 67 ff., ist das Verfahren näher beschrieben, welches darauf hinausläuft, den Wechselstrom durch Elektrolyte zu senden, welche nur immer die eine Stromrichtung durchlassen, so dass die gleichgerichteten Stromwellen sich zu einem kontinuierlichen Strom

vereinigen. Mehrphasiger Wechselstrom gleicht einem kurz pulsierenden Gleichstrom mehr, als auf diese Weise gleichgerichteter einphasiger Wechselstrom. Ein ähnliches Verfahren, wie das von Grätz angegebene, hat Pollak in Frankfurt a. M., unabhängig von diesem, bearbeitet und ebenfalls gute Resultate damit erzielt, sodass angenommen werden kann, es werden sich bei Umwandlung von Wechselstrom in Gleichstrom technische Verfahren herausbilden, die für die Praxis brauchbar und wirtschaftlich sind.

Die vierte Möglichkeit, Gleichstrom für die Bahn zu erhalten, bietet der Déri'sche Wechselstrom-Gleichstrom-Umformer, welcher den vorerwähnten Übelstand vermeidet und einen kontinuierlichen Gleichstrom von konstanter Stärke liefert. Der Form nach ist dieser Umformer eine Nebenschluss-Dynamo, bei welcher auf der Achse ausser dem Kollektor noch zwei Schleifringe angebracht sind, die mit entsprechenden Stellen der Wicklung verbunden sind.

Zur direkten Umwandlung eines zwei- oder dreiphasigen Wechselstromes in Gleichstrom beliebiger Spannung wird nach dem System von Hutin & Le Blanc von der Société anonyme pour la transmission de la force par l'electricité in Paris ein Apparat gebaut, der sich vorläufig noch nicht auf einfachen Wechselstrom anwenden lässt. Der Apparat stellt eine Kombination des Pollak'schen Stromwenders und des Déri'schen Apparates dar, soweit sich dies aus den spärlichen Veröffentlichungen ersehen lässt.

Man ersieht hieraus, dass man allenthalben bestrebt ist, einen einfachen Umwandler von Wechsel- und Gleichstrom zu erreichen, um die guten Eigenschaften beider Stromarten von Fall zu Fall ausnutzen zu können.

Die Vorteile des Systems, mittels kleiner Unterstationen ein ausgedehntes Bahnnetz zu betreiben, liegen ausser in dem Nutzen der Centralisierung des Betriebes, noch in der Verminderung von Erdstromerscheinungen, welche gerade bei ausgedehnten Bahnnetzen und bei beträchtlicher Länge der Bahnen, sowie bei entfernten Bahnendpunkten ganz besonders in die Erscheinung treten werden.

In Städten, deren diametrale Vororte durch die Stadt hindurch durch elektrische Bahnen mit Schienenleitung verbunden sind, und deren Krafterzeugung, wie üblich, von einem der angeschlossenen Vororte aus erfolgt, können die Potentiale der Erdströme am äussersten Bahnende eine Höhe erreichen, welche auf den ganzen städtischen Telephonbetrieb störend einwirken kann, indem die durch Erdplatten im Erdstrombereich angeschlossenen Telephone einen Nebenschluss des Betriebsstromes erhalten, welcher dem Potentialgefälle der Erdströme entspricht.

Ein Gleiches gilt von Gegenden, in denen Bergbau getrieben wird. Die Orientierung des Bergmannes erfolgt bekanntlich durch Magnetnadel-Apparate, ähnlich dem Kompass auf dem Schiffe. Es ist bereits konstatiert worden, dass z. B. im westfälischen Bergwerkreviere Abweichungen der Magnetnadel stattgefunden haben, trotzdem bis heute das Bahnnetz in jener Gegend noch nicht die Ausdehnung und Intensität erreicht hat, welche es noch erhalten wird.

Man kann das Vorstehende dahin zusammenfassen, dass die Anwendung von hochgespanntem Wechselstrom zur Bethätigung kleiner Unterstationen mit technischem und wirtschaftlichem Erfolge da anwendbar ist, wo ein strahlenförmiges Bahnnetz mit weiten Ausläufern vorhanden ist. In solchen Fällen jedoch, wo die Bahn mit grossen Verkehrscentren auch ausserhalb des Hauptcentrums arbeitet, wird man die Stromtransformierung besser fortlassen und selbständige Gleichstromstationen errichten.

2. Mehrphasenstrom-Bahnen.

Eine weitere Type von Wechselstrombahnen ist diejenige, bei welcher Drehstrom in der Kraftstation erzeugt, Drehstrom fortgeleitet und Drehstrom im Wagenmotor verbraucht wird. Ausser dem Nachteile des Drehstromes, drei Zuleitungen zu besitzen, ist daran zu erinnern, dass die Geschwindigkeitsregulierung des Drehstrommotors einige Schwierigkeiten bietet. Jeder Drehstrommotor besitzt nur eine wirksame Geschwindigkeit und können, unter Beachtung guter Nutzeffekte, Variationen der Geschwindigkeit nicht vorgenommen werden. Man hat bei den Drehstrombahnen, mit mehr oder weniger gutem Erfolg, diesem Übelstande begegnet, worauf in den nachfolgenden Beschreibungen der ausgeführten Bahnen zurückgekommen wird. Befindet sich ein Drehstromwagen in der ihm vorgeschriebenen Geschwindigkeit, so tritt ein ähnlicher Fall ein, wie bei den Kabelbahnen, bei welchen ebenfalls nur eine Geschwindigkeit herrscht, und zwar die des Kabels. Die Zwischenstufen der Geschwindigkeit beim Anlauf werden durch Gleiten der Seilklemme erreicht, wobei natürlich von einem momentanen Nutzeffekt in wirtschaftlicher Beziehung keine Rede sein kann. Ausserdem wird durch dieses Gleiten das Kabel stark abgenutzt.

Was das wirkungslose Anlaufen des Drehstrommotors betrifft, so ist zu bedenken, dass mit demselben nicht die nachteiligen Wirkungen wie beim Kabelsystem verbunden sind. Der Wirkungsgrad ist beim Drehstrommotor erheblich höher als beim Kabelsystem und selbst auch höher als beim Gleichstromsystem, obgleich der Anlauf sehr hohe Stromstärken erfordert. Die ökonomische Über-

tragung, die Entbehrlichkeit des Kommutators und der Bürsten, und die einfache und dauerhafte Konstruktion des Drehstrommotors werden bei den Betriebskosten ihren Wert erweisen, sodass daneben die mangelhafte Geschwindigkeitsregulierung ihre Bedeutung verliert. Durch Änderung der Polzahl ist man erst neuerdings auf eine günstigere Geschwindigkeitsabstufung gekommen.

Auch gegenüber den Erdstromerscheinungen zeigt der Drehstrom über den Gleichstrom dann seine Überlegenheit, wenn man z. B. eine Periodenzahl wählt, die unter der für das menschliche Ohr hörbaren Schwingungsgrenze liegt.

Der Transformatoren- und Motorenbau kann mit sehr geringer Periodenzahl rechnen, und hat sich die Zahl 30 als am günstigsten herausgestellt, vor allem, weil bei dieser Schwingungszahl noch eine gute Beleuchtung durch Glühlampen möglich ist.

In elektrolytischer Beziehung ist der Wechselstrom bekanntlich wirkungslos, gleichgiltig mit welcher Wechselzahl und Stärke er den Erdboden durchzieht.

Die doppelte oberirdische Fahrleitung zeigt, bis auf den doppelt verlegten Fahrdraht, genau dieselbe Anordnung wie bei den Gleichstrombahnen mit Oberleitung. Mastenausleger, Spanndraht und Verankerung bleiben dieselben und sind höchstens nur um einiges zu verstärken, wenn man die gleichen Fahrdrahtquerschnitte verwenden will. Gewöhnlich macht sich dies nicht nötig, da die Speisepunkte für die Fahrdrahtleitung häufiger gemacht werden können, wie bei Gleichstrom. Der Grund hierfür liegt in der Hochspannungsfernleitung und in der leichten Transformierung durch stillstehende Transformatoren. In Anbetracht dieses Umstandes kommt man mit dünneren Kupferquerschnitten aus, wenn man nur die elektrischen Verhältnisse in Betracht zieht. Mit Rücksicht auf die mechanische Konstruktion empfiehlt es sich jedoch, die Fahrdrähte nicht unter 6 *mm* Durchmesser zu nehmen.

Kreuzungen anderspoliger Fahrdrähte können so befahren werden, dass nur eine Phase des Dreiphasenstromes den Wagen über die Kreuzungsstelle hinwegbringt, wobei der Drehstrommotor als einphasiger Wechselstrommotor weiter läuft und die lebendige Kraft des Wagens ein Aussertrittfallen des Motors verhindert, weil der in Bewegung befindliche Wagen ein vorzügliches Schwungrad darstellt. Diese Eigenschaft gestattet, die Kreuzungen der Fahrdrähte möglichst einfach zu konstruieren.

Die Eigentümlichkeit des Drehstrommotors, auch mit einer Phase weiter zu laufen, besitzt noch den weiteren Vorteil, dass beim Entgleisen eines Wagenkontaktes Funken an den Kontaktstellen niemals auftreten können, zumal die Funkenbildung bei Wechselstrom überhaupt geringer ist als bei Gleichstrom.

Da ferner der Drehstrom durch zwei isolierte Fahrdrähte und durch die Fahrschienen zugeleitet wird, ist die Selbstinduktion der Fahrschiene eine andere, als die der Kupferleitung und haben sich darin einige Schwächen der Zuleitung gezeigt, welche jedoch nicht zum Verwerfen des Systems geführt haben. Vielmehr hat man die Verluste, die auf die Wagenzuleitung zurückzuführen sind, wieder wettmachen können durch die geringeren Verluste in der Fernleitung. Bei der Schienenleitung muss auf Mitleitung der Erde gerechnet werden. Bei schlechter Erdleitung macht sich die Legung eines Kabels nötig, sodass die Fahrschiene immer nur als Stromüberleiter zwischen Kabel und Wagen angesehen werden sollte.

Die erste reine Drehstrombahn war die im Dezember des Jahres 1895 eröffnete Strassenbahn in Lugano (Italien), welche von der Firma Brown, Boveri & Co. in Baden (Schweiz) erbaut wurde.

Die Beurteilung, welche diese, zunächst als Versuchsbahn ausgeführte, Anlage nach ihrem Bekanntwerden in Fachkreisen erfuhr, war eine sehr geteilte, anfänglich eine fast durchweg abfällige. Sie stützte sich vielfach auf die Ansicht, dass Drehstrommotoren ihrer Natur nach für Bahnbetrieb ungeeignet seien, und dass daher die Ersetzung des Gleichstromes durch mehrphasigen Wechselstrom technisch geradezu einen Rückschritt bedeute, welcher sich durch keine indirekten Vorteile rechtfertigen lasse. Der gelungene Versuch überzeugte indes, dass die Drehstrommotorwagen thatsächlich den Erwartungen entsprechen, die die projektierende Firma auf sie gesetzt hatte. Ein Umschwung in den Anschauungen trat in dem Sinne ein, dass der dortigen Versuchsanlage nicht nur der Charakter eines interessanten Experimentes, sondern derjenige einer Neuerung von nicht zu unterschätzender praktischer Bedeutung zukam.

Die zum Betriebe der Bahn erforderliche Energie wird von dem Wasser- und Elektrizitätswerk in Maroggia geliefert. Die Installation in der Primärstation besteht zur Zeit aus einer mit 230 *m* Gefälle arbeitenden Bell'schen Turbine von 300 PS; die horizontale Welle derselben ist zur beiderseitigen Kuppelung mit je einem 150 PS Brown'schen Drehstromgenerator eingerichtet.

Diese Generatoren geben bei 600 Umdrehungen und 2400 Perioden (d. i. 40 in der Sekunde) 5500 Volt Polspannung und haben die aus Fig. 4 ersichtliche wechselständige Versetzung der acht Polstücke des rotierenden Sternes, durch welche eine Vereinfachung der Hochspannungswickelung und eine bessere Ausnutzung des Materials ermöglicht wird. Fig. 5 zeigt die äussere Ansicht des Generators.

Die Maschinengestelle sind nicht gegen Erde isoliert. Als Blitzschutzvorrichtung dient eine dreiteilige Funkenkondensationsplatte

die Wagen hier anhalten, damit die Kontaktarme umgestellt werden können. Es wäre dies unter anderen Verhältnissen ein Nachteil, welcher sich jedoch bei der in Lugano angenommenen Betriebsordnung in keiner Weise geltend macht.

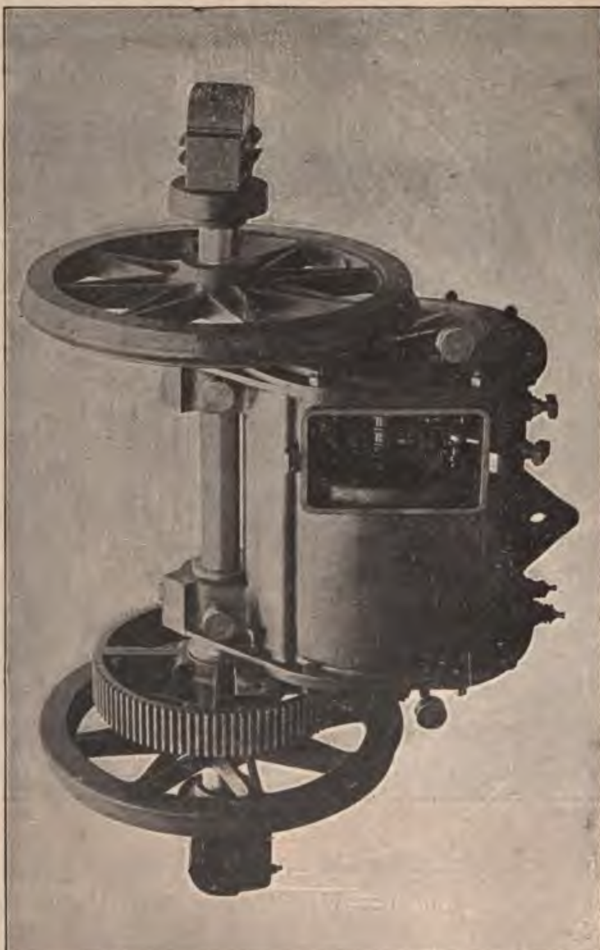


Fig. 6.

Der Fahrpark besteht gegenwärtig aus vier Motorwagen für je 24 Fahrgäste. Jeder Wagen besitzt nur einen Drehstrommotor von 20 PS Nutzleistung, wie ihn Fig. 6 darstellt. Derselbe ist 12-polig und macht bei normaler Periodenzahl 400 Umdrehungen in der Minute; die hierbei resultierende Fahrgeschwindigkeit beträgt 4,2 *m* in der Sekunde oder 15 *km* in der Stunde. Wird der Motor sich selbst überlassen, so

ändert sich die Geschwindigkeit nur unmerklich, gleichviel ob der Wagen stark oder wenig belastet ist, ob er sich auf einem Gefälle oder auf einer Steigung bewegt; eine Überschreitung der normalen Fahrgeschwindigkeit kann daher nur eintreten, wenn die Tourenzahl des Generators in der Primärstation erhöht oder wenn beim Hinunterfahren über eine Rampe die Zuleitungen zum Motor unterbrochen werden, in welchem Fall der Wagen natürlich eine beschleunigte Bewegung annehmen müsste.

Dagegen ist es möglich, durch Einschalten von Widerständen in den Stromkreis des rotierenden Teiles die Tourenzahl des Motors von 400 beliebig bis auf Null zu reduzieren.



Fig. 7.

Der Motor wiegt ohne Getriebe 690 und mit demselben 820 *kg*. Der Regulierapparat, welcher wie der Motor in das Wagenuntergestell eingebaut ist, zeigt eine ähnliche Konstruktion wie die bei stationären Dreiphasenmotoren gebräuchlichen Anlassapparate. Die Drehung der drei gekuppelten Kontakthebel geschieht mit Hilfe von Stahldrahtlitzen, welche von beiden Führerständen über Leitrollen zu der auf der Hebelachse sitzenden doppelten Rillenscheibe laufen. Fig. 7 stellt den Regulierapparat, Fig. 8 eine Ansicht des Wagenuntergestells mit eingebautem Motor und Regulierapparat dar.

Fig. 9 zeigt eine charakteristische Gesamtanordnung der Bahn.

Im Stromkreis des Linienstromes wird nicht reguliert; es befinden sich in demselben auch keine Sicherungen, sondern nur zwei Umschalter. Die weitere Wagenausrüstung besteht aus zwei Strom-

abnehmern mit Rollkontakten, die seitlich rechts und links um 12,5 *cm* und in der Längsrichtung um etwa 50 *cm* gegen das Wagenmittel versetzt sind. Es verdient erwähnt zu werden, dass die Verwendung zweier Rollen im Betrieb praktisch keine Schwierigkeiten verursacht.

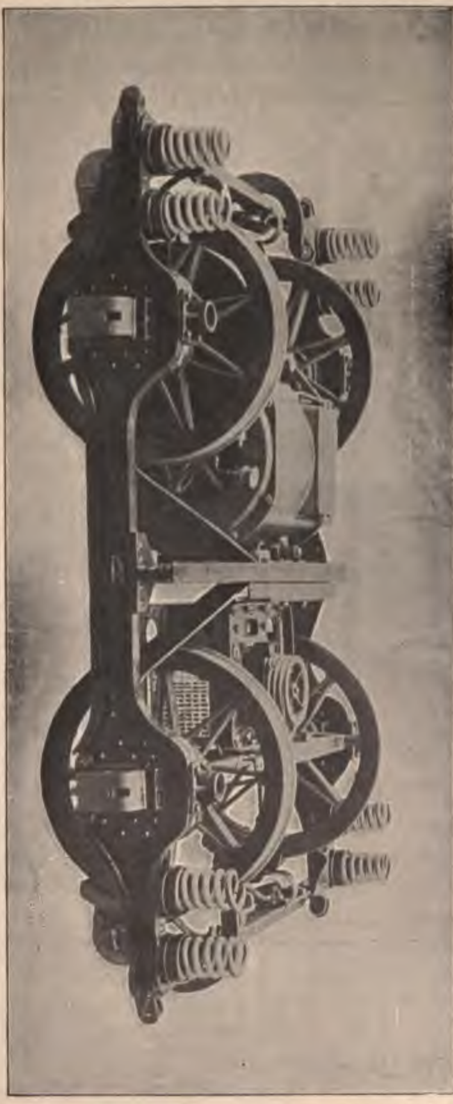


Fig. 8.

Der wichtigste Einwand gegen die Verwendung von Drehstrommotoren für Bahnzwecke ist grundsätzlicher oder vielmehr dogmatischer Natur; er betrifft die angebliche Unterlegenheit der Mehrphasen-Wechselstrommotoren gegenüber den Gleichstrommotoren, insbesondere den Reihenmotoren mit Bezug auf die Anlaufkraft.

Man denke indes hierbei an die gewaltigen Anforderungen, welche an Mehrphasenmotoren für Kranbetrieb gestellt und auch erfüllt werden, ferner an die zahlreichen Verwendungen derselben zu solchen Einzelbetrieben, für welche bis vor kurzem ausschliesslich Gleichstrommotoren als brauchbar galten. Endlich zeigt aber die Bahn in Lugano welche es ermöglicht, m einem Drehstrommoto wagen unter voller B lastung auf einer Ramp von 60 $^0/_{00}$ anstandslo anzufahren, und zwar ohne Anwendung besonderer Hilfsmitt welche für die Vergrösserung der Zugkraft noch zu Gebote steh selbst besser als alle anderen Umstände, dass eine grosse Differ



Schiemann, Bahnen. Fig.



Leipzig, Oskar Leiner.

in der Leistungsfähigkeit zwischen Gleichstrom- und Drehstrom-Bahnmotoren kaum mehr vorhanden sein kann. Der Einwand mangelhafter Geschwindigkeitsregulierung ist allerdings für solche Anlagen von einer gewissen Tragweite, in denen regelmässig und anhaltend mit reduzierter Geschwindigkeit gefahren werden muss, und bei denen es nicht gleichgiltig ist, ob in der Kraftstation vorübergehend etwas mehr Wasser durch die Turbinen oder durch den Leerlauf hinunterfliesst, wie dies beispielsweise in Maroggia zutrifft. Dafür besitzt die Mehrphasenbahn die namentlich für längere Vorort- und Überlandlinien wertvolle Eigenschaft der Selbstregulierung auf konstante Geschwindigkeit bei variablem Kraftverbrauch, sowie den weiteren Vorteil, dass der Motor auf Gefällen in geradezu idealer Weise selbstthätig auf das Netz zurückarbeitet und die Generatorenstation entlastet; diese beiden Eigenschaften gehen dem Reihenmotor bekanntlich gänzlich ab.

Sodann ist hier noch zu bemerken, dass die einfache betriebsichere Konstruktion und die grosse Nutzleistung bei kleinem Gewicht, welche stets als Hauptvorzüge der Drehstrommotoren in den Vordergrund gestellt werden, wohl nirgends besser zur Geltung kommen als beim Bahnbetrieb.

Da die Bahn in ihrer ganzen Ausdehnung an Fernsprechleitungen vorbeiführt und eine Periodenzahl von 40 in der Sekunde besitzt, so entstand eine vom Drehstrombetrieb ausgehende Störung, die, wie Versuche ergaben, durch Benutzung isolierter metallischer Rückleitungen für die Telephonströme vollkommen aufgehoben wurde.

Am 10. Juli 1898 wurde in Evian-les-Bains (Frankreich) eine kleine, 300 *m* lange Drehstrombahn, die von Ganz & Co. in Budapest gebaut wurde, eröffnet und bietet betreffs des Geländes, der Steigungen, der Kurven und des Zweckes, dem sie dient, sehr viel des Interessanten.

Vollständig auf dem Gebiete der Gesellschaft Eau d'Évian gelegen, hat sie den Zweck, die Bäder mit den Hoteleinrichtungen des Bades zu verbinden. Die Bahn geht vom Hofe vor den Bädern aus, folgt mit zahlreichen Biegungen der grossen Allee, welche sich durch den Park des Hotels hinzieht, und endet an der Terrasse des Grand-Hotel. Die Bequemlichkeit und Eleganz der Wagen, deren innere Einrichtung an diejenige der ungarischen Hofwagen erinnert, bewirkt, dass diese Bahn, trotz ihrer geringen Länge, häufig benutzt wird. Der Wagen braucht genau 1′ 45″, um die Entfernung von 300 *m*, so weit ist das Hotel von den Bädern entfernt, zu durchlaufen. Diese geringe Geschwindigkeit musste gewählt werden, weil die Trace zahlreiche Kurven von 15 *m* Radius enthält und Steigungen bis zu 102,0‰ in Kurven von 30 *m* Radius vorhanden sind.

Die Steigung ist eine konstante, mit Ausnahme von zwei geraden Strecken von 5 *m* Länge am Anfang und von 4 *m* Länge am Endpunkte der Bahn. Bei einer Steigung von 80‰ ist eine Kurve vorhanden, welche bei 15 *m* Radius $^2/_3$ ihres Umfanges durchläuft.

Die Gesamterhebung der Bahn beträgt 20 *m*.

Die Schwierigkeiten, die sich aus dem Profil der Bahn ergaben, kamen jedoch erst in zweiter Linie in Betracht, gegen diejenigen, welche der Betrieb in elektrischer Beziehung bot. Der Bahnmotor ist unmittelbar an das Beleuchtungsnetz wie ein gewöhnlicher Motor angeschlossen, und obgleich der erstere eine genügende Grösse besitzt, um auf ein Netz, wie dasjenige der Stadt Évian, einen ungünstigen Einfluss auf die Konstanthaltung der Spannung auszuüben, so durften sich doch keine Schwankungen des Lichtes bemerkbar machen.

Man hat diesem Umstande dadurch Rechnung getragen, dass man den Widerstand der Leitung möglichst gering gewählt hat und dass durch äusserst sorgfältige Ausführung der Oberleitungen ein Herausspringen und Abheben der Kontaktrollen vermieden wird.

Die Kraftstation, welche 12 *km* entfernt liegt, erzeugt Dreiphasenstrom von 5200 Volt Spannung und 50 Perioden in der Sekunde; die Primärleitung wird durch vier Drähte gebildet, von denen einer als neutraler Leiter mit zum Betriebe der Bahn dient. Nachdem die Spannung durch Transformatoren vermindert worden ist, wird der Strom in der Stadt Évian zu Beleuchtungszwecken und zur Kraftabgabe verwendet. Die Lampen brennen mit einer Spannung von 120 Volt zwischen jeder Phase, während die Bahn, wie oben erwähnt, an einer Phase und dem neutralen Leiter liegt, wodurch sich eine Spannung von $\sim$ 200 Volt ergiebt.

Der Fahrdraht besteht aus zwei Bronzedrähten von je 6 *mm* Durchmesser, welche von eleganten schmiedeeisernen Auslegermasten getragen werden; in den Kurven von 15 *m* Radius stehen die Maste nur 10 *m* voneinander entfernt.

Der dritte Leiter wird durch die Schienen gebildet, deren elektrische Verbindungen durch Kupferdrähte mit doppeltem konischen Kontakt hergestellt sind.

Die Schienen sind Stahlvignolschienen mit 9 *kg* und 7 *kg/m* Gewicht.

Die drei Leitungen, welche vom Transformator kommen, gehen nach dem Schaltbrett, welches einen dreipoligen Ausschalter mit Sicherungen, einen Dreiphasenstromzähler und je ein selbstregistrierendes Volt- und Ampèremeter enthält, welche in jedem Augenblick eine Kontrolle darüber gestatten, ob Stromstösse vorkommen, welche das Licht ungünstig beeinflussen könnten.

Die Wagen haben eine Länge von 5 *m* und wiegen leer 3,8 *t*; sie enthalten acht Sitzplätze und auf jedem Perron vier Stehplätze, im ganzen also für 16 Personen Fassungsraum, ausschliesslich des für Schaffner und Wagenführer benötigten Raumes.

Der Motor ist mit der Luftleitung durch zwei Kontaktstangen mit Rollen verbunden. Man hat hier die Einrichtung der Bahn in Lugano, wo die beiden Stromzuführungen unabhängig voneinander eine hinter der anderen angebracht sind, vereinfacht. Bei der Bahn von Évian sind die beiden Stangen an demselben, auf Kugeln laufenden Fussstück befestigt und werden beide durch dieselbe Feder bethätigt. Diese Stromzuführungstangen bestehen aus Stahlrohr, welches genügende Elastizität besitzt, um die Rollen der Luftleitung folgen zu lassen, selbst wenn diese und die Schienenachse 0,30 *m* voneinander abweichen.

Wie Fig. 10 zeigt, ist eine Rolle, welche vom Fussstück durch Hartgummi isoliert ist, durch eine sorgfältig vom Wagendach isolierte und durch die Achse des Fussstückes gehende Ringleitung mit einer Klemme des Motors verbunden. Das Fussstück selbst ist an die zweite Klemme des Motors angeschlossen, während die dritte Klemme mit dem Rahmenbau in Verbindung steht.

Der einzige Wagen enthält nur einen Motor zwischen den beiden Achsen. Die normale Arbeitsleistung ist 15 PS, seine Konstruktion gestattet ihm jedoch, ohne Schaden bedeutende Überlastungen zu ertragen, denn während der Versuche wurde seine Leistung während mehr als einer Stunde bis auf 28 PS gesteigert, was einer Mehrleistung von beinahe 100% entspricht. Das Gewicht ist ca. 800 *kg*. Während der Anlassperiode wird Widerstand vor die drei Schleifringe geschaltet. Das Feld ist dreiphasig gewickelt. Der Motor ist, wie ein gewöhnlicher Gleichstrommotor, vollständig in ein Gehäuse eingeschlossen, welches ihm Schutz gegen Staub, Feuchtigkeit und äussere Beschädigung gewährt. Um sich von dem guten Zustande des Motors überzeugen und um zu den Schleifringen und Klemmen gelangen zu können, hat man, wie üblich, den oberen Teil des Motors im Guss offen gelassen und diese Öffnung durch einen Deckel abgeschlossen.

Der Motor ist achtpolig und wird durch Strom von 50 Perioden betrieben, er macht 750 Umdrehungen in der Minute. Die beiden Wagenachsen erfordern eine doppelte Übersetzung; es ist ein Zahnräderpaar im Verhältnis 1 : 4 zwischengeschaltet und diese Achse treibt mittels Kettenräder und Galle'scher Kette in der Übersetzung 23 : 10 die Wagenachsen an, wie in der Figur ersichtlich.

Auf jedem Perron steht ein Schalter, rechts vom Wagenführer befindet sich der Handgriff der mechanischen Bremse, in der Mitte

ist die Signalglocke und an der Innenseite der Handgriff, welcher die Sandstreuvorrichtung bethätigt. Der Schalter besteht aus zwei verschiedenen Teilen mit gemeinsamer Bethätigung. Im inneren, unteren Teile befindet sich der Umschalter für den Erregerstrom. Darüber ist der Steuerapparat angebracht, welcher für den Vorwärtslauf neun Stufen und für den Rückwärtslauf zwei Stufen enthält.

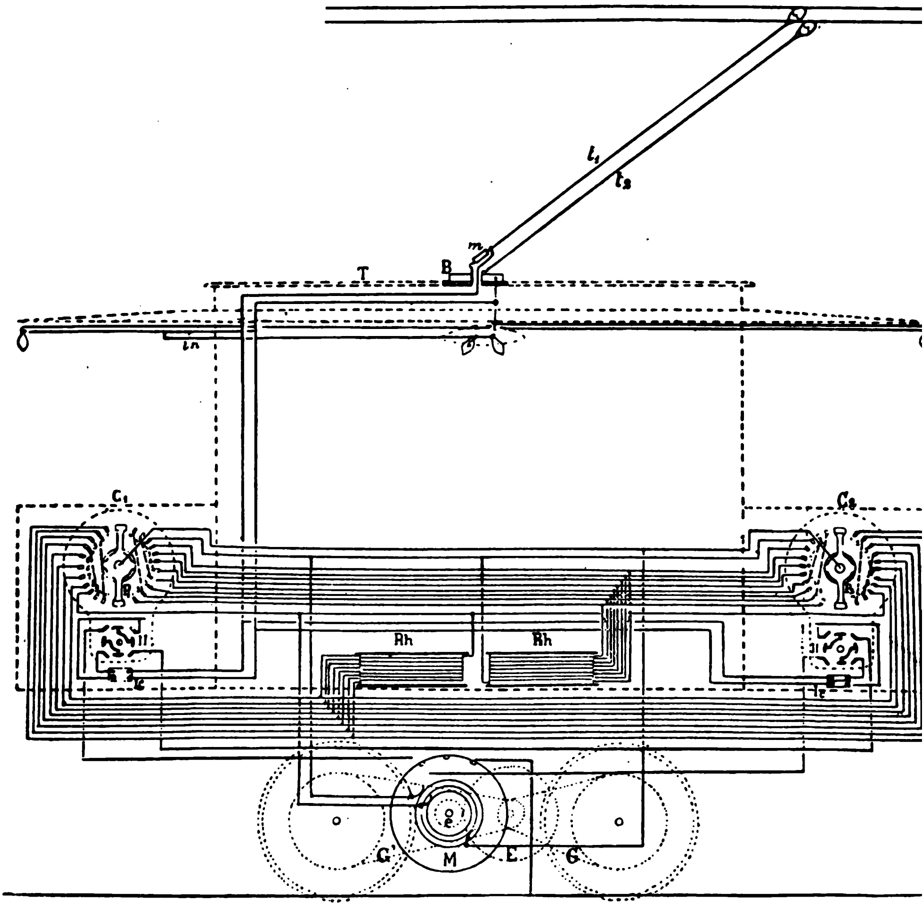


Fig. 10.

Die Widerstände werden aus einer Anzahl ausgestanzter Schwarzbleche gebildet, welche mit isolierenden Zwischenlagen aufgeschichtet sind.

Die Bewegung des Wagens beginnt, sobald der Strom 15 bis 20 Ampère erreicht, während der Bergfahrt bleibt die Geschwindig-

keit annähernd konstant, während der Stromverbrauch in den Kurven, welche zugleich Steigungen enthalten, zwischen 30 — 70 Ampère schwankt.

Bei der Thalfahrt hat man von der elektrischen Bremsung Gebrauch gemacht, deren Einrichtung vollkommen verschieden von derjenigen für Gleichstrom ist.

Im letzteren Falle gestattet die elektrische Bremsung eine Herabminderung der Geschwindigkeit beinahe bis zum Stillstand, während man bei der Bremsung mit Dreiphasenstrom die Geschwindigkeit nur bis auf die normale vermindern kann, da der Motor einen, mit der Primärmaschine synchronen Lauf besitzen muss, um als Bremse zu wirken. Eine Gefahr könnte nur dann entstehen, wenn die beiden Rollen entgleisen und dadurch eine plötzliche Unterbrechung der Bremsung eintritt. Auf einer gut angelegten Linie jedoch ist ein solcher Zufall nicht zu befürchten und in diesem Falle wird, wenn eine Rolle entgleist, die andere noch vollkommen genügen, um das Arbeiten des Motors, jetzt allerdings als Einphasengenerator, zu gestatten. Übrigens ist der Wagen noch mit einer Holzschuhvorfallbremse ausgerüstet, welche im Falle der Gefahr ein sehr plötzliches Anhalten gewährleistet. Gegen die obenerwähnten kleinen Übelstände bietet die elektrische Bremsung mit Dreiphasenstrom gegenüber dem Gleichstrom gewisse Vorteile, besonders bei grossen Anlagen. Ohne von der besonderen Einfachheit seiner Einrichtungen zu sprechen, welche keinerlei weitere Apparate im Steuerschalter erfordert, da die Schaltung auf Vorwärtslauf und Bremsung dieselbe ist, so möge doch der regulierende Einfluss auf die von der Kraftstation zu liefernde Strommenge nicht unerwähnt bleiben. Der vom Dreiphasenmotor im Gefälle erzeugte Strom wird in die Leitung zurückgeschickt und unterstützt somit die Kraftstation. Dasselbe erreicht man bei Gleichstrom nur mit Nebenschlussmotoren, worüber das nächste Kapitel näheres bringt.

Wohl das kühnste aller bisherigen Bahnprojekte, die Jungfraubahn, hat sich die Vorteile des Drehstromes als Unterlage dienen lassen, weil dort die Verhältnisse zur Anwendung des dreiphasigen Wechselstromes denkbar günstig sind:

1. Die Entfernung von der Stromerzeugungsstelle bis zur Stromverbrauchsstelle wäre für Gleichstrom unwirtschaftlich.

2. Neben dem Bahnbetrieb sollen noch andere Motoren und elektrische Beleuchtungsanlagen betrieben werden.

3. Induktionsstörungen können mangels vorhandener Schwachstromanlagen nicht eintreten. Neu zu verlegende Telephon- und Telegraphenleitungen können störungsfrei angeordnet werden.

4. Die Anbringung von zwei Leitungen oberhalb der Laufschienen ist weder im Tunnel noch auf der freien Strecke, noch in den Stationen mit Schwierigkeiten verknüpft.

5. Eine Akkumulierung des elektrischen Stromes, wie bei Gleichstrom, verspricht keinen grossen wirtschaftlichen Erfolg, da die vorhandenen Wassermassen jederzeit im Überfluss vorhanden sind.

6. Drehstrommotoren können ebenso wie Gleichstrom-Nebenschlussmotoren als Stromerzeuger bei der Thalfahrt arbeiten und besitzen die gleich grosse Anzugskraft wie diese.

Neben der Jungfrau-Bahn ist auch für die Gornergrat-Bahn und die Thalbahn Stansstadt-Engelberg vorgesehen und ist in den nächsten Kapiteln über die Einzelheiten auch dieser Bahnen Näheres zu finden.

Schliesslich sei noch die 750 *m* lange Fabrikbahn in Körbisdorf erwähnt. Dieselbe arbeitet nach dem Drehstromsystem mit drei Oberleitungen und dreiarmiger Kontaktstange ohne Zuhilfenahme der Erdleitung. Die Bahn wird zum Herbeischaffen von Braunkohlen von einer Kohlengrube in das Kesselhaus der Zuckerfabrik Körbisdorf benutzt. Die Kohlen werden in Hunde verladen und ungefähr 12—15 Stück derselben werden an die Lokomotive angehängt.

Die allerdings noch geringen Erfahrungen mit den hier genannten Dreiphasenstrombahnen gestatten trotzdem, den Schluss zu ziehen, dass der Betrieb einer Strassenbahn mit Oberleitung und doppeltem zweipoligen Fahrdraht in vielen Fällen als praktische Lösung angesehen werden darf. Um wieviel mehr dies bei Bahnen mit eigenem Bahnkörper und tief gelegener Stromleitung geschehen kann, wird die Zukunft zeigen. Als Vorbild hierfür kann die 40 *km* lange normalspurige Eisenbahn von Berthoud nach Thoune gelten.

VIII.

Steilbahnen.

Unter diesen Begriff fallen alle diejenigen Bahnen, welche auf dem grössten Teile ihrer Trace derartige Steigungen aufweisen, dass die Adhäsion zwischen Rad und Schiene allein nicht genügt, um den Wagen fortzubewegen. Es sollen indes in diesem Kapitel auch diejenigen Hilfsmittel beschrieben werden, welche man bei elektrischem Betriebe anzuwenden pflegt, um den Wagen mittels bestimmter Schaltungen nutzbringend abzubremsen, d. h. diejenigen Hilfsmittel, welche die Wagenmotoren befähigen, als Dynamomaschinen Strom in das Netz zurückzuliefern, wenn die lebendige Kraft des im starken Gefälle befindlichen Wagens hierzu ausreicht. Dass diese Eigenschaft von den Drehstrommotoren ohne weiteres erfüllt wird, ist in dem vorigen Kapitel behandelt worden.

Auch die bei Steilbahnen benötigten Bremsen mit mechanischer und elektrischer Bethätigung müssen hier eingehend behandelt werden.

Wir können daher das Kapitel über Steilbahnen einteilen in:

1. Nebenschlussmotoren,
2. Bergbremsen,
3. Gebirgsbahnen mit Adhäsionsbetrieb,
4. Seilbahnen,
5. Zahnradbahnen.

Die beiden letzten Arten der Steilbahnen können als reine Seil- bezw. Zahnradbahnen (Stanser Horn-Bahn bezw. Jungfrau-Bahn und Barmer Bergbahn) ausgebildet sein, oder sie können stellenweise mit Adhäsionsbetrieb gemischt vorkommen (Stausstadt-Engelberg in der Schweiz).

1. Nebenschlussmotoren.

Bei Bahnen mit grossen Gefällen liegt nichts näher, als die lebendige Kraft des bergabfahrenden Wagens bezw. Zuges wieder nutzbringend zu verwenden, anstatt totzubremsen. Der Gleichstrom-Nebenschlussmotor bietet hier mannigfache Vorzüge gegenüber dem sonst üblichen Reihenmotor und tritt in dieser Beziehung, neben dem

bereits im vorigen Kapitel erwähnten Drehstrommotor, nur noch mit dem Luftdruckmotor in Konkurrenz. Ausser in der Nutzbremsung liegt noch in der Schonung des Bremsmaterials und der Radbandagen ein betriebstechnischer Vorteil. Um nun den Wagenmotor als Stromerzeuger für die erforderliche Betriebsspannung des Netzes benutzen zu können, muss er ein Magnetfeld besitzen, welches vom Ankerstrom sowohl in der Stärke als auch in der Richtung unabhängig ist. Diese Forderung ist nur vom Nebenschlussmotor zu erfüllen, dessen Erregung vom Netz oder von besonderen Akkumulatoren erfolgt. Nebenschluss und Ankerwickelung können je durch einen Vorschaltwiderstand regulierbar sein, um bei jedem Gefälle mit beliebiger Geschwindigkeit fahren zu können.

Um die Fallarbeit und die dadurch wiedergewonnene Strommenge theoretisch berechnen zu können, kann auf die in der ETZ 1894, Heft 36, S. 490, erschienene Abhandlung von Baumgardt verwiesen werden, welche als Resultat nachstehende Werte ergeben hat:

	Ampèrestunden für 1 *km* aus der Linie entnommen (Bergfahrt)	Ampèrestunden für 1 *km* in die Linie zurückgegeben (Thalfahrt)
Horizontal 1 : ∞	0,764	—
12,5 ‰	1,840	—
25 »	2,261	0,400
50 »	3,750	1,250
75 »	5,250	2,015
100 »	6,733	2,933

Diese Zahlen entspringen natürlich nur der theoretischen Berechnung und werden durch die Praxis je nach Lage der Verhältnisse, z. B. durch Kurven und Anfahrten, welche hier unberücksichtigt blieben, geringere Vorteile aufweisen. Immerhin kann man auf Stromwiedergewinnung Rücksicht nehmen, wenn lang andauernde Gefälle vorhanden sind.

Die hauptsächlichsten Einwendungen, welche man gegen den Nebenschlussmotor vorbringt, sind, dass die Wicklungen der Feldmagnetspulen nicht so gut isoliert werden können, wie beim Hauptschlussmotor, dass sie erheblich mehr Raum in Anspruch nehmen als die Spulen des letzteren, und dass die grösseren Herstellungskosten des Nebenschlussmotors ins Gewicht fallen. Dagegen kann der Nebenschlussmotor derart angeordnet werden, dass er eine grössere Veränderung der Umlaufsgeschwindigkeit zulässt und, was besonders wichtig ist, das Drehungsmoment bei verschiedenen Geschwindigkeiten konstant erhält. Sein Wirkungsgrad kann bei kleiner Geschwindigkeit grösser als derjenige des Hauptschlussmotors gemacht

werden. Rechnen wir hierzu den erwähnten Vorzug der Anteilnahme an der Stromerzeugung bei Abwärtsbewegung, so ergiebt die Anwendung des Nebenschlussmotors eine Verminderung des Energieverbrauches mit den daraus folgenden Vorteilen.

Wenn die Ampèrewindungen des Motors unverändert bleiben, kann keine Rückgewinnung von elektrischer Energie bei Fahrtverlangsamung oder Anhalten auf ebener Strecke eintreten, weil die gegenelektromotorische Kraft unter diesen Bedingungen nicht über die Klemmenspannung steigt.

Bei der Thalfahrt muss die Geschwindigkeit unter der Herrschaft des Wagenführers bleiben, was bei dem gewöhnlichen Nebenschlussmotor nicht möglich ist. Es folgt daraus, dass auf veränderte Schaltungsweisen Bedacht zu nehmen ist, wenn die Fahrtverlangsamung und die Geschwindigkeitsregulierung bei der Thalfahrt nicht durch die Bremse bewirkt werden soll.

Demzufolge muss das Feldmagnetsystem derart eingerichtet sein, dass die magnetisierende Kraft beliebig geändert werden kann, damit man dementsprechend bei unbeeinflusster Geschwindigkeit die gegenelektromotorische Kraft über die Klemmenspannung erhöhen kann. Diese Anordnung würde auch eine von der elektromotorischen Kraft unabhängige Änderung der Geschwindigkeit ermöglichen, so dass diese auf der ganzen Strecke konstant erhalten werden kann.

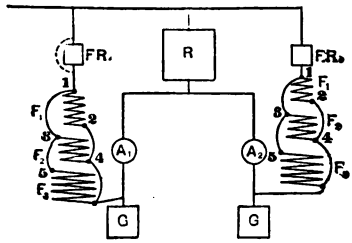


Fig. 11.

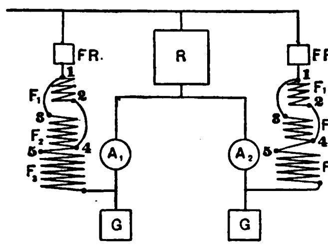


Fig. 12.

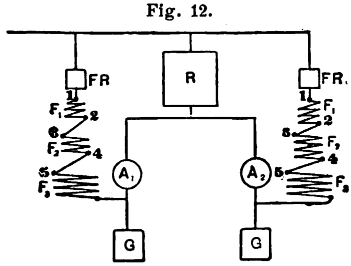


Fig. 13.

Zum gleichen Zwecke stehen verschiedene Mittel zu Gebote, welche allerdings insofern das gleiche Prinzip haben, als sie eine veränderliche Schaltung der Magnetspulen enthalten. Zwei derartige Methoden sind in den Fig. 11—15 angedeutet, von denen Fig. 11, 12, 13 zu der einen und Fig. 14 und 15 zu der zweiten Methode gehören. Beide Methoden, welche indes nur auf theoretischen Grundsätzen basieren, sind von Baxter angegeben.

Bei der ersteren Anordnung sind die Feldmagnetspulen in drei Einzelspulen angeordnet, welche (Fig. 11) unter Ausschaltung des Feldrheostaten FR parallel geschaltet werden oder (Fig. 12) unter

Einschaltung von FR zu zweien parallel und diese Gruppe in Reihe mit der dritten Spule oder endlich (Fig. 13) sämtlich in Reihe mit FR. Diese drei Schaltungen ermöglichen eine Abstufung der erregenden Stromstärke und so wird die Schaltung Fig. 11 den Höchst-, Fig. 13 den Kleinstwert der Ampèrewindungen bezeichnen. Durch die Ein- oder Ausschaltung von FR können noch Zwischenstufen geschaffen werden. Es ist dieses Verfahren für ein, zwei und mehr Betriebsmotoren anwendbar. Die Figuren zeigen die Anordnung für zwei Motoren, deren Anker A_1 und A_2 sind, mit dem gemeinsamen Anlasswiderstand R.

Die drei Spulen des Feldmagneten sind nicht gleich; vielmehr steigen von F_1 nach F_3 Widerstand und Windungen. Wären sie gleich, so würde der Sprung von Fig. 11 nach Fig. 12 grösser sein als der von Fig. 12 nach Fig. 13. Denn setzt man die Windungszahlen jeder Spule gleich a, den Widerstand gleich w, so ist der

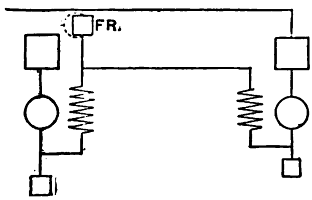


Fig. 14.

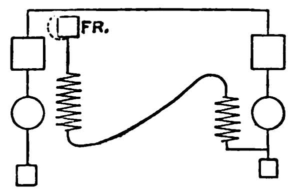


Fig. 15.

Gesamtwiderstand in Fig. 13 gleich 3 w, also die Ampère-Windungszahl gleich $\frac{E}{3\,w} \times 3\,a = \frac{E\,a}{w}$. Im Falle der Fig. 12 ist der Gesamtwiderstand gleich $3\,\frac{w}{2}$, also die Stromstärke in $F_3 = 2\,\frac{E}{3\,w}$ und in jeder Spule F_1 und F_2 gleich der Hälfte dieses Betrages, demnach die Ampère-Windungszahl

$$a\,\frac{E}{3\,w} + a\,\frac{E}{3\,w} + a \times 2\,\frac{E}{3\,w} = 4\,a\,\frac{E}{w}.$$

Und endlich im dritten Falle (Fig. 11) ist der Gesamtwiderstand $= \frac{w}{3}$, also die Ampère-Windungszahl $= 3\,a \times 3\,\frac{E}{w} = 9\,a\,\frac{E}{w}$.

Vermindert man den Widerstand der Spule F 3 und vergrössert ihre Windungszahl, so kann man bewirken, dass die Schaltung (Fig. 12) eine solche Stufe ergiebt, dass die drei Schaltungen Ampère-Windungszahlen ergeben, welche in dem Verhältnis 1 : 2 : 3 stehen.

Aus dem Obigen ergiebt sich, dass die Abmessung der Spulen bei dem Nebenschlussmotor der gedachten Art erheblich grösser sein muss als bei den gewöhnlichen Nebenschlussmotoren, deren einzelne

Spulen einen genügend starken Draht erhalten müssen, welcher mit der Stromstärke für die volle Spannung zwischen Fahrdraht und Erde belastet werden kann. Ausserdem muss auch der Querschnitt des Feldmagnetes ein grösserer werden, damit bei grösster Ampère-Windungszahl keine Übersättigung eintritt.

Die zweite Methode ist in Fig. 14 und 15 dargestellt. Sie besteht in der Reihen- oder Parallelschaltung der Feldmagnetspulen zweier verbundenen Nebenschlussmotoren; zu weiterer Abstufung dient auch hier der Feldwiderstand FR. Man erkennt aber, dass dieses Verfahren gegen das vorgenannte zurücksteht.

Ein weiterer Vorzug der hier vorgeschlagenen Nebenschlussanordnung findet sich in der grösseren Einfachheit der Schaltungs-

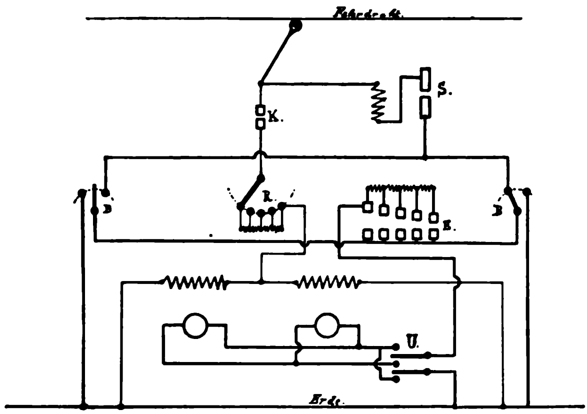


Fig. 16.

einrichtung und in den geringeren Anstrengungen der Unterbrechungskontakte, weil die Unterbrechung bei vergleichsweise schwacher Stromstärke stattfindet.

Das Kommutieren der Felder ist wegen der hohen Selbstinduktion in den dünndrähtigen Spulen ein Nachteil und vielleicht auch unausführbar. Wesentlich vereinfacht sich die Schaltung, wenn man die Feldmagnete nur durch Vorschaltwiderstände reguliert, wie dies z. B. von Siemens & Halske anfänglich angewandt worden ist. In dem in Fig. 16 angegebenen allgemeinen Schaltungsschema bedeutet S einen selbstthätigen Starkstromausschalter, B den Umschalter für die Bremsstellung, K einen Nebenschlusskohlenausschalter, R den Nebenschlussregulator, E den Ankerschalter, U den Ankerumschalter. Die Vereinigung der sämtlichen Schalthebel zu einem oder höchstens zwei Hebeln ist ohne weiteres durchführbar.

Es ist mehrfach behauptet worden, dass der Nebenschlussmotor, wenn er während der Fahrt kurze Stromunterbrechungen, z. B. durch

unreine Schienen oder durch Streckenisolatoren, erfährt, infolge der auftretenden Unterbrechungs-Induktionsströme Isolationsdefekte aufzuweisen haben würde. Dies ist indes nicht der Fall, da der Strom in der Erregerwickelung keineswegs verschwindet, weil sich der Nebenschlussmotor selbst erregt. Der am Unterbrecher auftretende Lichtbogen ist zudem bedeutend geringer, wenn man einen Nebenschlussmotor bei voller Last ausschaltet, als bei einem Reihenmotor. Die in der Feldwickelung entstehenden Nebenströme gleichen sich durch die Ankerwickelung, die bei abgeschaltetem Netzstrom mit jener einen geschlossenen Stromkreis bilden, aus.

Der allgemein herrschenden Ansicht, dass der Nebenschlussmotor seiner geringen Anzugskraft wegen sich für Bahnzwecke nicht eigne, muss ebenfalls entgegengetreten werden, da bei richtiger Wahl der Dimensionen die Ankerwindungszahl und die magnetische Induktion, die beiden für die Anzugskraft in Betracht kommenden Faktoren, genügend gross gewählt werden können.

Für Flachbahnen, bei denen eine Nutzbremsung durch Nebenschlussmotoren erzielt werden soll, ist die Stromwiedergewinnung zu unbedeutend, um als Betriebsvorteil gelten zu können. Die bremsende Wirkung des Nebenschlussmotors bei der Bergabfahrt und beim Anhalten stellt sich nur dann ein, wenn für den erzeugten Strom auch in jedem Augenblicke der entsprechende Konsum vorhanden ist. Ohne Vorhandensein von Akkumulatoren in der Station ist dies aber nicht immer der Fall; denn es könnte, zumal bei kleineren Anlagen, sehr wohl vorkommen, dass ausser dem bergabfahrenden Wagen alle anderen Wagen halten, sodass diese keinen Strom aufnehmen. Der bergabfahrende Wagen würde dann seine Geschwindigkeit nicht vermindern oder der anhaltende Wagen nicht zum Stehen gebracht werden können. Natürlich werden in jedem Falle mechanische oder auch noch elektromagnetische Bremsen am Wagen angebracht sein müssen.

Man hat mit Recht gefolgert, dass bei der Verwendung des Strassenbahnmotors als Bremse einzelne Teile der Wagenausrüstung, Kollektoren, Bürsten, Kontakte, Triebe u. s. w. leiden würden, die den Vorteil der Wiedergewinnung von Strom auch gänzlich illusorisch machen können.

Unter Hinweis auf einige Litteraturquellen, in denen die s. Z. viel ventilierte Frage über Anwendung der Nebenschlussmotoren im Bahnbetriebe eingehend behandelt wurde, z. B. ETZ 1897, Heft 9, S. 130; Heft 18, S. 259; Heft 21, S. 299; Heft 25, S. 356, und ETZ 1898, Heft 5, S. 76, können wir folgendes Endresultat der vorstehenden Betrachtung hier anfügen:

Die Anwendung von Nebenschlussmotorwagen bei Strassenbahnen ist wohl möglich; mit Nebenschlussregulierung und unter vielen

Vorsichtsmassregeln auch praktisch durchführbar; aber die Vorteile gegenüber Serienmotorwagen sind im allgemeinen zu gering, als dass die mannigfachen Nachteile, insbesondere höhere Kosten für Reparatur und Instandhaltung, aufgewogen werden.

Dagegen kommt bei Steilbahnen der Vorteil der Energiewiedergewinnung durch Nebenschlussmotorwagen voll zur Geltung und bei Fernbahnen, woselbst im wesentlichen gleichmässige Geschwindigkeit gewünscht wird, wird der Nebenschlussmotor als Bahnmotor immer gute Dienste leisten.

2. Bergbahnbremsen.

Bis vor kurzer Zeit hat man bei denjenigen Steilbahnen, bei denen man für die Bergfahrt auf die Zahnstange verzichten konnte, für die Thalfahrt eine Zahnstange anwenden müssen, um die für Bremszwecke mangelnde Adhäsion zu ersetzen. Es wurden bekanntlich Zahnräder mit intensiv wirkenden, mechanisch bethätigten Bremsscheiben versehen und erreichte man dadurch eine genügende Sicherheit.

Bei Zahnradbahnen wird die Zahnstange sowohl für die Bergfahrt als auch für die Thalfahrt ausgenutzt. Man konnte für Seilbahnen erst auf die Zahnstange verzichten, nachdem die von Bucher und Durer in Kaegiswyl angewandte Zangenbremse sich im Betriebe bewährt hatte. Dieselbe ist im wesentlichen ein umgekehrter Schraubstock, zwischen dessen Backen der Schienenkopf gepresst wird und dessen Schraubspindel von Hand oder durch die rotierende Achse des Wagens gedreht wird. Die Zangenbremse ist schematisch in Fig. 17 dargestellt und sind nähere Einzelheiten hierüber gelegentlich der Beschreibung der Stanser Horn-Bahn in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure veröffentlicht worden. Da der Schienenkopf trapezförmigen Querschnitt besitzt, vergl. Fig. 18, in welcher neben dem Querschnitt auch Längsansicht und Schienenstoss dargestellt sind, so wird durch die entsprechend geformten, nach unten zusammenlaufenden Klemmbackenflächen der Normaldruck des Wagens erhöht und dadurch die Adhäsion zwischen Rad und Schiene für Bremszwecke günstig vermehrt.

Bei steilen Bahnen mit Adhäsionsbetrieb, wo also für die Bergfahrt die Reibung zwischen Schiene und Rad noch ausreicht, verwendet man für die Thalfahrt Vorfallbremsen und erreicht dadurch zwar keine grössere Reibung, denn diese ist nur abhängig vom Material und dem Normaldruck, sondern schont nur die Radbandagen und die Schienen. Sobald nämlich festgebremste Räder, und diese kann man ohne weiteres mittels geeigneter Übersetzungen zum Feststellen bringen, mit ihren harten Flächen auf dem zumeist

noch härteren Schienenmaterial schleifen, erhalten die Bandagen flache Stellen und werden unrund. Durch Unterschieben eines Auf-

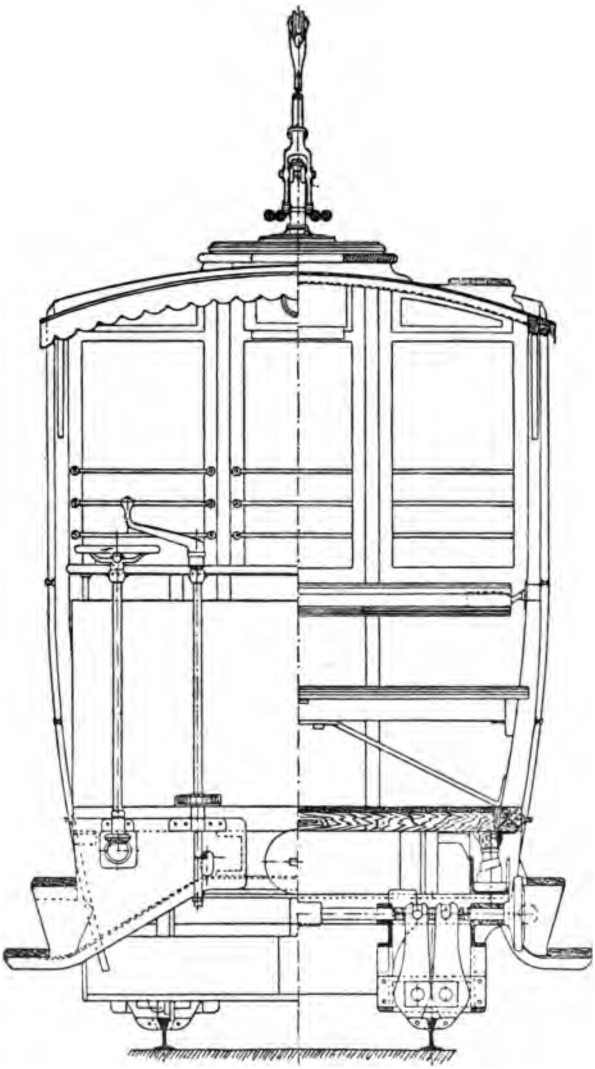


Fig. 17.

laufklotzes (Fig. 19) setzt man zunächst die Räder still, das Rad schiebt den Klotz mit der lebendigen Kraft des Wagens vorwärts und die grossen Berührungsflächen (Unterkante Schleifklotz und

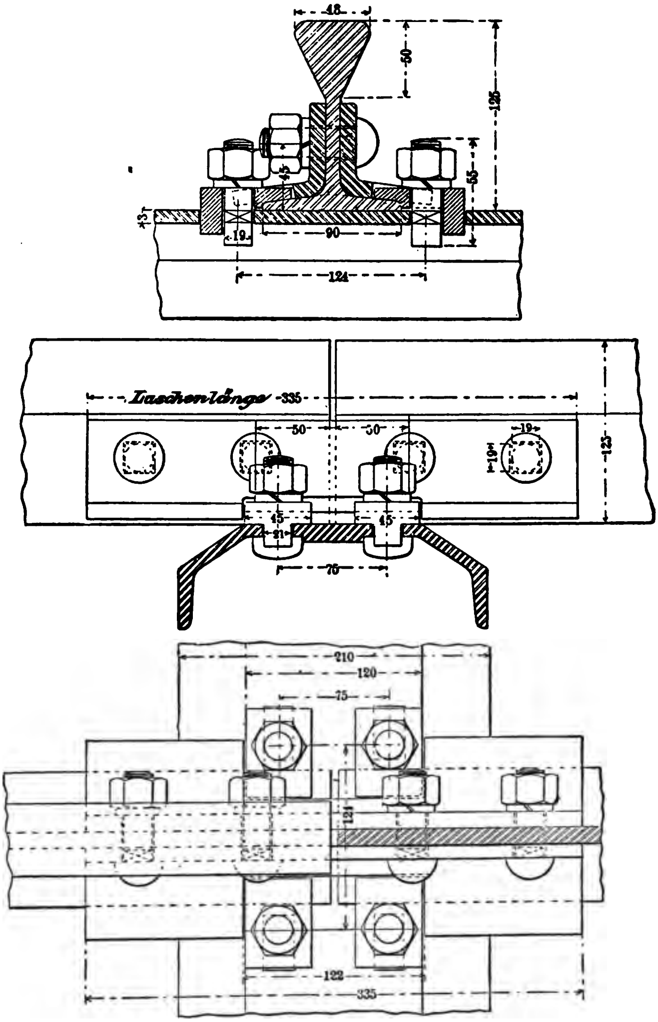


Fig. 18.

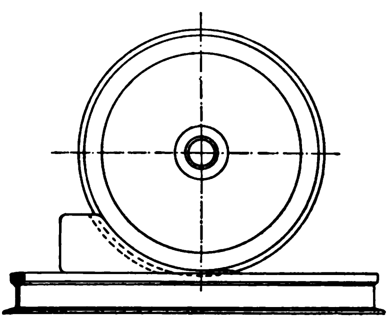


Fig. 19.

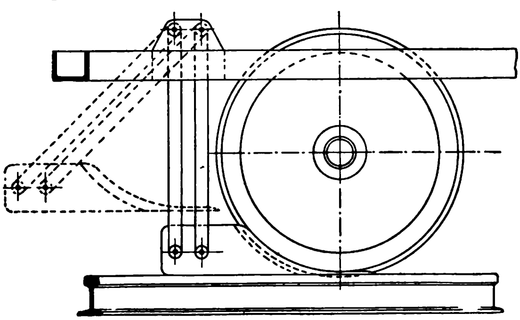


Fig. 20.

Oberkante Schienen) schleifen aufeinander. Die Konstruktionsschwierigkeit dieser Vorfallbremsen liegt in der geeigneten Wahl des Materials für die sehr spitz auslaufende Zunge. Die von der Union Elektricitäts-Gesellschaft Berlin für die Chausseebahn Dresden-Weisser Hirsch gebaute Auflaufbremse ist in Fig. 20 dargestellt. Sie wird für gewöhnlich hoch gehalten und nur im Notfalle heruntergelassen. Entweder bewirkt diese Bremse ein Stillsetzen des Wagens, dann kann sie nur als Haltebremse benutzt werden, oder sie schleift mit dem Wagen den Berg hinunter, dann kann sie auch für eine gewisse Strecke als Fahrbremse dienen. Um die Bremse in jedem Falle wieder zu lösen, muss der Wagen um die Entfernung zwischen Radberührungspunkt und vorderster Unterschiebespitze rückwärts fahren.

Schlittenbremsen, wie eine solche in Fig. 21 dargestellt ist, die vermöge ihrer Hebelübersetzung imstande sind, den Wagen um einige Millimeter anzuheben, sind insofern verwerflich, weil sie erfahrungsgemäss zu Entgleisungen neigen. Die Führung

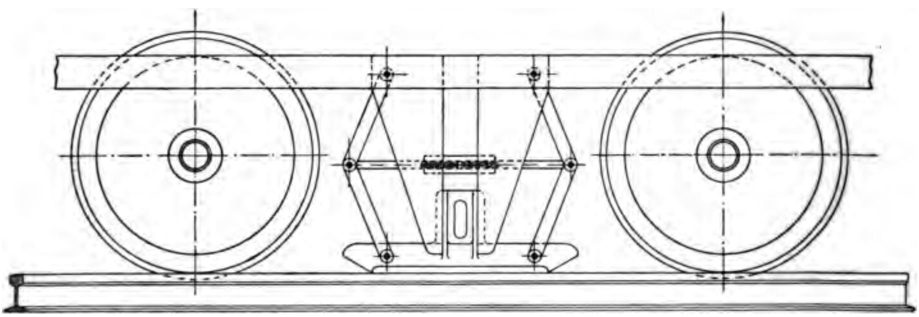


Fig. 21.

zwischen den Radauflaufpunkten wird auf die Schlittenlänge vermindert. Der Schlitten erhält hier eine in die Rille greifende Nase. Derartige mechanisch wirkende Schienenbremsen sind in Remscheid angewendet worden, können jedoch nur dann von Vorteil sein, wenn durch sie die Reibung vermehrt wird. Eine Vermehrung der Reibung kann aber nur erfolgen, wenn entweder die Schienen durch Klemmbacken umfasst werden, wie bei der vorherbeschriebenen Backenbremse, oder wenn ein Keil in die Schienenrille eingetrieben wird. Durch einfache Vergrösserung der Reibungsfläche ist eine grössere Reibung nicht zu erzielen, vielmehr laufen die Schlittenbremsen nur auf einen dahingehenden Betriebsvorteil hinaus, das Bremsmaterial zu schonen und die Radbandagen vor unrunden Stellen zu bewahren.

Eine elektromagnetische Schienenbremse, welche im wesentlichen darauf beruht, dass sich ein geeignet geformter Elektromagnet an

den Schienen festsaugt und vor die Räder legt, vermeidet die Mängel der Schlittenbremse vollständig. Die Konstruktion ist dem Verfasser dieses Werkes unter D. R. P. No. 95843, sowie in den meisten anderen Industriestaaten patentiert worden und durch Fig. 22 dargestellt.

Diese Bremse ist unabhängig von jeglichen Adhäsionsverhältnissen, sodass es für die Bremswirkung gleichgiltig ist, welcher Achsdruck vorhanden ist. (Es ist diese Bremse nicht zu vergleichen mit den elektromagnetischen Achsbremsen, welche im ersten Teile dieses Werkes, Kapitel IV, eingehend behandelt sind.)

Es galt hier eine Bremse zu schaffen, welche selbst auf den steilsten Strecken genügende Sicherheit bietet, und welche auch da Anwendung finden kann, wo ein Umklammern des Schienenkopfes unmöglich ist, wie z. B. bei Strassenbahnen, wo die Schienen in das Pflaster vollständig eingebettet sind.

Es ist für Steilbahnen immer wichtiger, zu wissen, dass der Wagen das Gefälle sicher abwärts fahren kann, als dass er sicher aufwärts gehen kann. Im letzteren Falle, wenn sich z. B. die Adhäsionsverhältnisse zeitweise ändern, kann die Steigung nicht befahren werden. Im ersteren Falle aber, wenn also die Bremsen versagen würden, kann der Wagen in der Thalfahrt nicht gehalten werden und würde eine beschleunigende Wirkung erfahren. Bei der Bergfahrt wirkt die Steigung verzögernd für die Geschwindigkeit, bei der Thalfahrt wirkt das Wagengewicht indes beschleunigend, sodass die Verhältnisse bei Bergfahrt und Thalfahrt wesentlich andere sind, und demnach den Bremsen bei Steilbahnen eine grössere Aufmerksamkeit zuzuwenden ist, als den Motoren.

Durch die elektromagnetische Ansaugewirkung der genannten Schienenbremse wird neben der Adhäsionsvermehrung zwischen den bremsenden Flächen zugleich das seitliche Kippmoment des ganzen Wagens in Kurven und Weichen vermindert und somit die Fahrsicherheit erhöht.

Die Magnetschienenbremse besitzt ferner den Vorteil grösster Einfachheit und Solidität in der Ausführung. Durch die Konstruktion ist die denkbar günstigste Anordnung der Magnetstromkreise möglich geworden. Die beifolgende Fig. 23 zeigt die schematische Darstellung der Bremse, während Fig. 24 die körperliche Darstellung nach einer Ausführung bei der Deutschen Strassenbahn-Gesellschaft in Dresden veranschaulicht. Einzelne Formstücke aus magnetischem Material, die durch eine eiserne Schraube in der Längsrichtung sämtlicher Spulenmitten zusammengehalten werden, bilden die Grundform der Bremse. Die Formstücke sind in weichem Guss mit guten magnetischen Eigenschaften ausgeführt und umfassen zugleich die Spulen-

Rad an diesen anläuft. Die Reibung zwischen Polschuh und Fahrschiene wird durch das nachschiebende Wagengewicht vermehrt und die Drehung der gebremsten Achse verhindert.

Die Erregung der Magnete kann sowohl durch Netzstrom der Bahnanlage erfolgen als auch durch Akkumulatorenstrom, welcher innerhalb der Wagen während der Fahrt aufgespeichert sein oder werden kann; auch kann der Erregerstrom durch eine von der Wagenachse betriebene Dynamomaschine erzeugt werden. Bei Strassenbahnen wird diese Dynamomaschine durch den vom Netz abgeschalteten Motor ersetzt und erzeugt dieser Motor, selbst als Reihenmotor, während seiner Drehung genügenden Strom zur Erregung des Magneten, vorausgesetzt, dass die Widerstandsverhältnisse desselben der Eigenartigkeit des Motors angepasst werden. Die Speisung der Magnete durch Netzstrom ist selbstverständlich auch möglich, wenn entsprechende Vorschaltwiderstände beim längeren Stromdurchlass vorgesehen werden. Die Aufhängung der Bremsmagnete am Wagen erfolgt direkt an den Achsbuchsen, damit die Bremse die Schwankungen des Wagens nicht mitmacht. Bei Strassenbahnmotorwagen, bei denen man fast ausschliesslich besondere Untergestelle für die Aufhängung der Motoren verwendet, wird die Bremse direkt an diesem Untergestelle federnd und horizontal nachgebend aufgehängt.

Das äussere Aussehen der Bremse ist ein gefälliges, zumal mit der gezeichneten Anordnung zugleich ein Schutz zwischen den Rädern gebildet wird, der sonst durch besondere Schutzvorrichtungen erstrebt wird.

Die Auswechselung abgenutzter Bremsteile erfolgt auf einfachste Art und da diese Teile aus weichem Material bestehen, werden weder Schienen noch Bandagen abgenutzt.

Gegenüber den elektromotorischen Achsenbremsen besitzt die Schienenbremse den Vorzug, keine ölbedürftigen Lager zu besitzen, wodurch ein Teil der Betriebssorgen verschwindet.

Eine Schwierigkeit stellte sich der Konstruktion insofern entgegen, als die Isolation der Spulen sehr sorgfältig hergestellt werden musste, um sie gegen das Spritzwasser und den Strassenschmutz dauerhaft zu bekommen. Auch Salzwasser und Schneeschmelze können die dauernd gute Erhaltung der Isolation beeinflussen, wenn nicht geeignete Vorkehrungen hiergegen getroffen werden. Lang andauernde Versuche im praktischen Betriebe und besonders solid hergestellte Spulen mit den besten Isolationsmaterialien und den sichersten Abdichtungen haben indes die obwaltenden Befürchtungen vollständig überwinden lassen, sodass die magnetische Schienenbremse alle Betriebsansprüche vollauf befriedigt. Zu diesen Vorzügen

kommt noch, dass das gesamte Wagenuntergestell von allen durch Bremsgestänge sonst auftretenden Beanspruchungen befreit ist, und demgemäss schwächer gehalten werden kann und dass die Bremsung nicht erst durch Vermittelung von Spindeln, Ketten, Hebeln, Zugstangen auf die Laufräder übertragen wird, sondern dass der Wagenschwerpunkt direkt durch den bewegunghindernden Magnetklotz aufgehalten wird.

Diese Art der Bremsung bewirkt auch, dass die Bremse kein Zittern der Wagenteile begünstigt. Ein durch Bremsklotz oder Bremsscheibe festgehaltenes Rad kann noch vermöge seiner Elastizität bezw. seiner Torsion zwischen Achsscheibe und Radumfang Schwingungen verursachen, welche der Fahrgast als Zittern empfindet. Wird das Rad indes nahe dem Auflaufpunkt gefasst, wie dies alle Auflauf- und Anlaufbremsen thun, so sind die Schwingungen gänzlich aufgehoben und der Wagen kann sanfter und trotzdem energischer anhalten.

Über die Aufhängungen der magnetischen Schienenbremsen ist noch kurz zu erwähnen, dass dieselben gestatten müssen, in vertikaler sowohl wie in horizontaler Richtung elastisch nachzugeben.

3. Gebirgsbahnen mit Adhäsionsbetrieb.

Als man dazu überging, Bahnen mit starken Steigungen zu projektieren, unternahm die Firma Siemens & Halske im Jahre 1892 auf dem Strassenbahn - Betriebsbahnhof in Budapest Versuche über die Möglichkeit der Adhäsionsausnutzung für Steilbahnen. Es wurde eine aus Holz gezimmerte Versuchsrampe mit Steigungen 1 : 19 und 1 : 10 hergestellt. Bei diesen Versuchen stellte sich heraus, dass man unbeanstandet ohne Sandstreuung auf blanker Schiene Steigungen von 96 ‰ bei sämtlich angetriebenen Achsen befahren kann. Die spätere Zeit hat gezeigt, dass es selbst bei Strassenbahnen, wo die Adhäsionsverhältnisse zwischen Rad und Schiene nicht immer die günstigsten sind, weil Schmutz und Feuchtigkeit die direkte metallische Berührung verhindern, es trotzdem noch möglich ist, Steigungen unter 100 ‰ zu bewältigen. Rechnet man aber hierbei mit Sandstreuung, so kann man die Reibung zwischen Rad und Schiene noch weiter erhöhen. Ausserdem bietet der elektrische Betrieb die bisher praktisch noch unversuchte Möglichkeit, die Adhäsion zwischen Laufrad und Schiene durch Rad- und Schienen - Elektromagnete derart zu erhöhen, dass für Steigungen zwischen $^1/_7 - ^1/_{10}$ alle durch notwendig werdende Anwendung von Zahnstange und Seil bedingten Nachteile überwunden werden können.

Durch die künstlich erzeugte, magnetisch vermehrte Adhäsion wird die Arbeitsleistung entsprechend vermehrt. Die genannten Siemens & Halske'schen Versuche liessen neben der Beurteilung über die Adhäsions-

ausnutzung auch erkennen, dass es ebenfalls wieder weniger bedenklich ist, starke Steigungen aufwärts zu befahren, als dieselben abwärts gefahrlos zu benutzen. Genügt bei einer Bergfahrt die Adhäsion zwischen Rad und Schiene nicht, so kann man die Friktion durch Sandstreuung vergrössern. Hat man indes im Gefälle die Bremse nicht vollständig in der Gewalt und erreicht der Wagen zunehmende Geschwindigkeit, so genügt in demselben Verhältnis eine Sandstreuung für die Thalfahrt nicht, wie dies bei der unbeschleunigten Bergfahrt der Fall ist. Indessen sind die Bremsen für Steilbahnen, wie im vorigen Absatz 2) gezeigt wurde, entsprechend vervollkommnet worden.

In der nachfolgenden tabellarischen Zusammenstellung sind die Siemens & Halske'schen Versuche niedergelegt und sprechen die Zahlen für sich selbst. Gelegentlich dieser Versuche wurde auch festgestellt, dass auf den grössten Steigungen ein Anfahren möglich war.

Der elektrischen Kraftübertragung ist es demnach vorbehalten geblieben, Bahnen zu ermöglichen, die mit Dampf unausführbar waren, wenigstens in wirtschaftlicher Beziehung; in technischer Hinsicht giebt es hier keine Unmöglichkeiten. Die Anpassungsfähigkeit des elektrischen Stromes an alle Bahnbedürfnisse, und die Erzeugung desselben aus allen von der Natur gegebenen Kraftspeichern ist eine so grosse und mannigfaltige, dass es keiner grossen Einsicht bedarf, um den elektrischen Bahnen für die Gebiete eine epochemachende Stelle zuzuweisen, die heute noch ausserhalb des Bereiches der ausführenden Technik liegen. Zu derartigem, noch ungepflügtem Felde gehören solche Gebirgsthalbahnen, welche sich in den meisten Fällen gerade noch als Adhäsionsbahnen durchführen lassen. Man wird sagen, dass, solange die Adhäsion noch ausgenutzt werden kann, die Dampflokomotive kein unüberwindbares Hindernis in wirtschaftlicher Beziehung darstellt; dem ist jedoch nicht so. Das Gewicht der Lokomotive und dementsprechender starker Schienen-Oberbau und -Unterbau stellen einen grossen wirtschaftlichen Faktor bei Anlage und Betrieb einer Gebirgsthalbahn dar. Neue Verhältnisse schafft die elektromotorische Kraft zum Betriebe solcher Bahnen, selbst wenn man darauf verzichtet, einen im Gebirgsthal fliessenden Bach zu Erzeugung des elektrischen Stromes zu benutzen. Mit dieser Möglichkeit kann wohl in der Schweiz, jedoch in Deutschland nur selten gerechnet werden. Zieht man in Betracht, dass bei einem elektromotorisch betriebenen Zuge nicht allein das Lokomotivgewicht, sondern bis zu beliebiger Anzahl auch die Wagenräder-Adhäsion voll ausgenutzt werden kann, so leuchtet ein, dass man Steigungen und Gefälle befahren kann, welche bis zur Adhäsionsgrenze der aufeinander mit rollender Reibung arbeitenden Flächen und Materialien reichen.

Es möge hierfür angenommen werden, dass z. B. der Zugwagen aus einem vierachsigen Motorwagen besteht, auf welchem sich Post-, Gepäck-, Zugführerraum und sonstige, gewöhnlich auf Lokomotiven, Tender und Gepäckwagen vorhandenen Einrichtungen befinden; dieser Wagen soll mit allen Achsen angetrieben werden. Der eine oder andere der stets angehängten Personenwagen kann auch mit Motorachsen versehen werden, und zwar ist die Anzahl der angetriebenen Achsen abhängig von den vorhandenen Steigungsverhältnissen, wie sie das Gebirgsthal bei einfachster billigster Tracenführung von selbst vorschreibt. Es werden dies Steigungen sein, die selten über 1 : 10 sind und, wenn es der Fall sein sollte, zu zeitweisen Adhäsionsvermehrungen führen werden. Je nachdem nun die betriebenen Strecken einen grossen oder kleinen Güterverkehr haben, wird man die Motorwagen bezw. die angetriebenen Achsen zu vermehren oder zu vermindern haben; denn vorläufig scheint es ausgeschlossen zu sein, dass man Güterwagen mit Motoren versehen wird, weil dieselben ein totes Kapital während der Lade- und Entladezeit darstellen würden. Ob man bei Schmalspurbahnen, bei denen die Überführung der Normalspurwagen wünschenswert ist, entsprechende Drehgestelle mit Motoren versehen wird, bleibt für spezielle Verhältnisse vorbehalten; keinesfalls stellen sich dieser Idee irgendwelche Schwierigkeiten entgegen. Dass es durch solche Bahnen erst möglich wird, denjenigen Landschaften bequeme und billige Bahnverbindungen zu sichern, welche mit den bisher vorhandenen Betriebsarten unausführbar waren, sichert der Idee, elektrische Bahnen in Gebirgsthälern zu verwenden, von vornherein die denkbar günstigsten Aussichten. Als Nebenprodukt von nicht zu unterschätzender Bedeutung ist bei elektrischen Gebirgsthalbahnen die Abgabe billigen elektrischen Lichtes an die umliegenden Ortschaften, und auch dieser Umstand spricht für die Zukunft solcher Bahnen.

Nachdem das Gebiet der guten Strassenbahnen für die Unternehmer abgegrast sein wird, wird man derartigen Projekten, die heute noch als unlohnend angesehen werden, eingehendes Interesse widmen.

Die im nachfolgenden beschriebenen Bahnanlagen geben bereits ein Bild von diesbezüglicher Thätigkeit.

In Le Havre wurde im September 1897 eine elektrische Steilbahn dem Betrieb übergeben, welche anfangs als Seil- oder Zahnradbahn gedacht war, nach Lage der örtlichen Verhältnisse indes als solche nicht ausführbar schien. Die Bahn wurde als Adhäsionsbahn dann durchführbar, nachdem man den elektrischen Betrieb vorsah.

Die Bahn verbindet die Stadt mit dem Kirchhof auf der Anhöhe Sainte-Marie. Die Länge der Linie beträgt 750 *m*, die Höhendifferenz

Tabellarische

der Resultate verschiedener Versuchsfahrten mit einem elektrischen

Versuchsreihe	Eigengewicht des Wagens *kg*	Belastung des Wagens *kg*	Gesamtgewicht des Wagens *kg*	Zahl der angetriebenen Achsen	Länge der Versuchsstrecke *m*	Steigung der Versuchsstrecke	Fahrzeit in Sekunden	Geschwindigkeit pro Sekunde in *m*	Geschwindigkeit pro Stunde in *km*	Anzahl der Touren pro Minute: der Wagenräder von 0,6 *m* Durchmesser	Anzahl der Touren pro Minute: des Ankers
1.	4200	2535	6735	2	312	Hori-zontal	51	$\frac{312}{51}$ = 6.12	6,12 × 3,6 = 22,03	$\frac{6{,}12 \times 60}{0{,}6 \times 3{,}14}$ = 194,90	$\frac{194{,}9 \times 31}{11}$ = 549
2.	4200	2535	6735	1	312	Hori-zontal	50	$\frac{312}{50}$ = 6,24	6,24 × 3,6 = 22,46	$\frac{6{,}24 \times 60}{0{,}6 \times 3{,}14}$ = 198,73	$\frac{198{,}73 \times 31}{11}$ = 560
3.	4200	375	4575	2	30	Steigung 52,78 ‰ (1:18,95)	8	$\frac{30}{8}$ = 3,75	3,75 × 3,6 = 13.50	$\frac{3{,}75 \times 60}{0{,}6 \times 3{,}14}$ = 119,43	$\frac{119{,}43 \times 31}{11}$ = 337
4.	4200	375	4575	2	30	Steigung 96,00 ‰ (1:10,42)	14	$\frac{30}{14}$ = 2,14	2,14 × 3,6 = 7,70	$\frac{2{,}14 \times 60}{0{,}6 \times 3{,}14}$ = 68,15	$\frac{68{,}15 \times 31}{11}$ = 192

Zusammenstellung

Wagen auf horizontaler Bahn und auf starken Steigungen.

Volt	Ampère	Volt-Ampère	Verbrauchte elektrische Energie in EPS	Zugkraft pro Tonne Wagengewicht		Zugkraft im Ganzen kg	Mechanische Arbeitsleistung in PS	Nutz-Effekt $\frac{PS \times 100}{EPS}$	Verlust durch innere Reibung (Kettenübertragung u. Lager) u. Umsetzung v. elektrischer Energie in mechanische Energie
				in der Horizontalen kg	in den Steigungen kg				
282,5	26,0	282,5 × 26,0 = 7345,0	$\frac{7345,0}{736}$ = 9,98	15	—	6,735 × 15 = 101,03	$\frac{101,03 \times 6,12}{75}$ = 8,24	$\frac{8,24 \times 100}{9,98}$ = 82,57 %	17,43 %
285	24,5	285,0 × 24,5 = 6982,5	$\frac{6982,5}{736}$ = 9,49	15	—	6,735 × 15 = 101,03	$\frac{101,03 \times 6,24}{75}$ = 8,41	$\frac{8,41 \times 100}{9,49}$ = 88,62 %	11,38 %
266	54,0	266,0 × 54,0 = 14364,0	$\frac{14364,0}{736}$ = 19,52	15	52,78	4,575 × (15 + 52,78) = 310,09	$\frac{310,09 \times 3,75}{75}$ = 15,50	$\frac{15,50 \times 100}{19,52}$ = 79,41 %	20,59 %
260	68,0	260,0 × 68,0 = 17680,0	$\frac{17680,0}{736}$ = 24,02	15	96,00	4,575 × (15 + 96,00) = 507,83	$\frac{507,83 \times 2,14}{75}$ = 14,50	$\frac{14,50 \times 100}{24,02}$ = 60,37 %	39,63 %

zwischen den beiden Endpunkten ist 69,45 *m*, was einer durchschnittlichen Steigung von 9,2 % entspricht; die vorhandenen Steigungen schwanken zwischen 7,6 % und 11,5 %. Die Bahn ist somit die steilste Adhäsionsbahn Europas. Sie benutzt nahe ihrem Ausgangspunkt einige Strassen, passiert dann einen kurzen Tunnel und endigt auf der vorher verlassenen Strasse.

Man wählte hier die einfache und zuverlässige oberirdische Stromzuführung. Der Fahrdraht wird auf den offenen Stellen von Masten mit Auslegern getragen, während er im Tunnel an Isolatoren, die im Scheitel des Gewölbes sitzen, befestigt ist. Das vorhandene Gleis wurde durch ein neues schwereres ersetzt, und zwar wurden, soweit die Linien in Strassen verlaufen, Brocaschienen von 28 *kg* Gewicht für das Meter, im übrigen Vignolschienen von 25 *kg* Gewicht verlegt. Die Kurven wurden reguliert, sodass der kleinste Radius 35 *m* beträgt.

Der Gleichstrom, welcher eine Spannung von 550 Volt hat, wird von der Société l'Énergie Électrique du Havre geliefert, deren Centrale 1600 *m* vom Anfangspunkte der Bahn entfernt liegt; hier sind auch die Speisekabel angeschlossen.

Das rollende Material besteht aus vier Motorwagen, welche je 20 Sitz- und 30 Stehplätze haben. Jedes Fahrzeug ist mit zwei Motoren ausgerüstet, welche zusammen 100 PS zu leisten imstande sind.

Ganz besondere Sorgfalt musste infolge der steilen Stellen den Bremsen geschenkt werden; jeder Wagen besitzt daher drei, deren jede für sich allein zum Festhalten des Wagens genügt und zwar:

1. Eine magnetische Achsbremse.
2. Eine vierklötzige mechanische Bremse, mit welcher ein Druck gleich dem Wagengewicht (13000 *kg*) auf die Räder ausgeübt werden kann.
3. Eine gleichfalls mechanisch bethätigte Schienenbremse, die stark genug ist, die Räder von den Schienen abzuheben, aber trotzdem dem Wagen eine gute Führung in den Schienen gewährt.

Schliesslich ist noch eine Sperrvorrichtung vorgesehen, welche verhindert, dass der aufwärts fahrende Wagen zurückgleiten kann, falls aus irgend einem Grunde eine Stromunterbrechung stattfindet. Die Anordnung hat noch den Vorzug, dass alle Bremsen gelöst werden können, wenn der Wagen stillsteht, wodurch das Anfahren erleichtert wird.

Ferner sind die Fahrzeuge mit Sandstreuern ausgerüstet, und zwar ist die Vorsicht so weit getrieben, dass ein Teil dieser Apparate gar nicht benutzt wird, sondern nur als Reserve dient.

Die Bergfahrt erfolgt mit einer Geschwindigkeit von 8 *km*-St. und die Thalfahrt mit einer solchen von 12 *km*-St.

Die Betriebsstromstärke schwankt je nach Kurven und Steigung zwischen 90 und 140 Ampère.

4. Seilbahnen.

Man kann hier die Unterscheidung machen zwischen Seilbahnen mit ruhendem Seil und solchen mit bewegtem Seil.

a) Mit ruhendem Seil.

Die erstere Gattung stellt sich gewissermassen als eine Vereinfachung einer Zahnstangenbahn dar, bei welcher die Zahnstange durch ein fest verankertes Seil ersetzt wird. Man muss bei einem derartigen Betrieb mit ruhendem Seil eine von Elektromotoren angetriebene Seilwinde auf ein besonderes Vorspanngefährt montieren, diese Seilwinde durch Elektromotoren bewegen, und dadurch eine stellenweise mangelnde Adhäsion ersetzen. Die Anordnung wird da mit gutem Erfolge arbeiten können, wo man eine Kombination zwischen Adhäsionsbahn und Steilbahn herstellen muss, ohne dass man, wie beim Zahnradbetrieb diese Kombination auf Kosten verwickelter Verhältnisse erreicht. In Fig. 25 ist diese Anordnung mit ruhendem Seile dargestellt für eine Bahn, in der im allgemeinen die Adhäsion des Motorwagens genügt, um einen auf schmalspurigen Rollböcken stehenden, normalspurigen Güterwagen zu befördern. Auf einer kurzen Strecke, bei welcher die Adhäsion des Personenwagens zum Ziehen des motorlosen Anhängers nicht ausreicht, ist eine Seillokomotive vorgespannt, welche sich an dem, in der Mitte des Gleises liegenden, in der Figur zur Anschauung gebrachten Seile aufwärts zieht. Die Seiltrommel kann nun beliebig angetrieben werden, ebenso wie der Strom in der üblichen Form der Seillokomotive zugeführt wird. An den Enden der Seilstrecke wird die Seillokomotive aus dem Hauptgleis in ein Nebengleis geführt, und die reine Adhäsionsbeförderung kann wieder vor sich gehen.

b) Seilbahnen mit bewegtem Seil.

Dieselben haben mehrfach Anwendung gefunden und stellt sich der elektrische Antrieb des Seiles gegenüber den anderen Betriebsarten mit Dampf, Wasserkraft, Wasserübergewicht nur dadurch anders, dass es möglich ist, von einer Kraftstation mehrere Unterstationen, welche mit elektromotorischen Seilantrieben versehen sind, zu betreiben. Wenn nämlich bisher eine Steilbahn längere Strecken zu überwinden hatte, so musste Zahnstangenbetrieb angewandt werden, weil dann das Gewicht des bewegten Seiles im ungünstigen

Verhältnis zu der Nutzleistung steht. Durch die elektrische Kraftübertragung und durch die leichte Teilung der Arbeitsgrössen ist es möglich geworden, längere Seilbahnen zu errichten, von denen die nachstehend beschriebene Stanserhorn-Bahn als der Typus solcher Bahnen gelten kann. Die ausführliche Beschreibung dieser Bahn ist in der »Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure« Jahrgang 1896, Heft 1 enthalten, und folgen hier auszugsweise die charakteristischen Daten.

Bei der Projektierung der Stanserhorn-Bahn hatte man natürlich zuerst an die Seilbahnen mit Wasserballast gedacht, ähnlich wie bei der Neroberg-Bahn in Wiesbaden, bei der Heidelberger Bergbahn, bei der Giessbach-Bahn in Gütsch, Ems u. s. w.

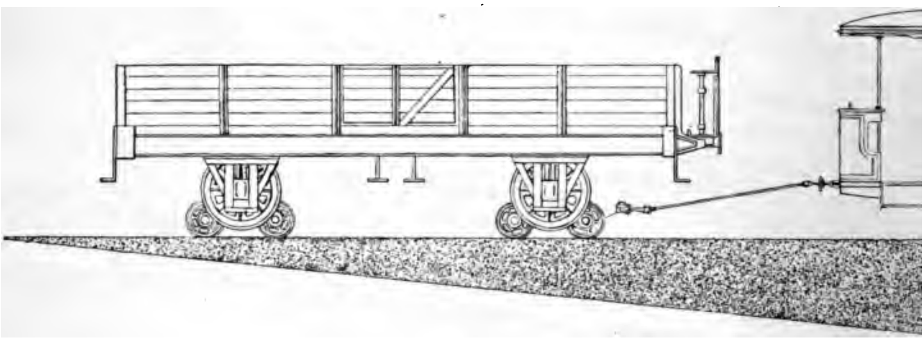
Je länger indes eine Bahn mit Wasserballast ist, um so schwieriger gestalten sich die Verhältnisse, da zum Bewegen eines längeren Seiles grössere Wassermengen erforderlich sind. Das Wagenuntergestell muss kräftiger und schwerer werden, die Bremseinrichtungen erfordern kostspieligere Konstruktionen und das Gewicht des Oberbaues sowie der Seile wächst analog der Länge.

Man machte sich daher beim Bau der Stanserhorn-Bahn die Erfahrungen, die man bei der Bürgenstock-Bahn und bei der Salvatore-Bahn mit der elektrischen Kraftübertragung gesammelt hatte, zu nutze.

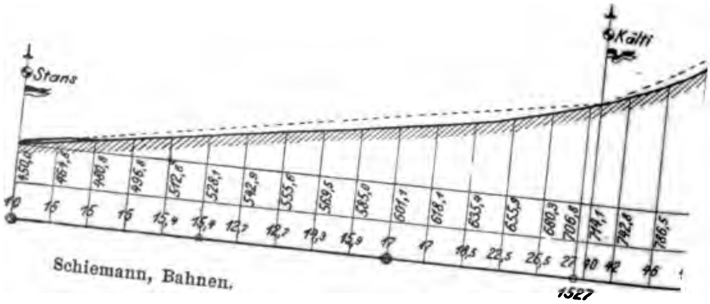
Der bei der Stanserhorn-Bahn zu überwindende Höhenunterschied beträgt 1400 *m*. Die ganze Länge der Bahn, wagerecht gemessen, ist 3597 *m*, in der Bahnneigung dagegen 3915 *m*, also nahezu 4 *km*. Eine so bedeutende Länge konnte mit einem einzigen Seile nicht betrieben werden; vielmehr musste die Bahn auch schon zur Erzielung genügender Leistungsfähigkeit in kürzere Einzelstrecken zerlegt werden. Die Beschaffenheit des Geländes führte zur Wahl von drei Einzelstrecken, deren jede am oberen Endpunkt mit vollständiger Motoreinrichtung ausgestattet ist. An den beiden Zwischenstationen müssen die Fahrgäste von einer Seilstrecke in die andere umsteigen, da jeder Wagen mit seinem Seilende fest verbunden ist. Aus dem beigegebenen Höhenplan Fig. 26 sind die Steigungsverhältnisse, und aus der nachfolgenden Tabelle die Verhältnisse auf den einzelnen Strecken zu ersehen.

Alle drei Strecken sind eingleisig und in 1 *m* Spurweite mit selbstthätiger Ausweiche in der Mitte ausgeführt. Der Oberbau besteht aus Stahlschienen von 20 *kg-m* Gewicht, welche auf eiserne Querschwellen fest verschraubt sind. Die Weichen sind dieselben, wie bei eingleisigen Seilbahnen allgemein üblich, nur dass sie durch Wegfall der bei Seilbahnen bisher geforderten Zahnstange zum sicheren Eingreifen der Bremse etwas vereinfacht sind.

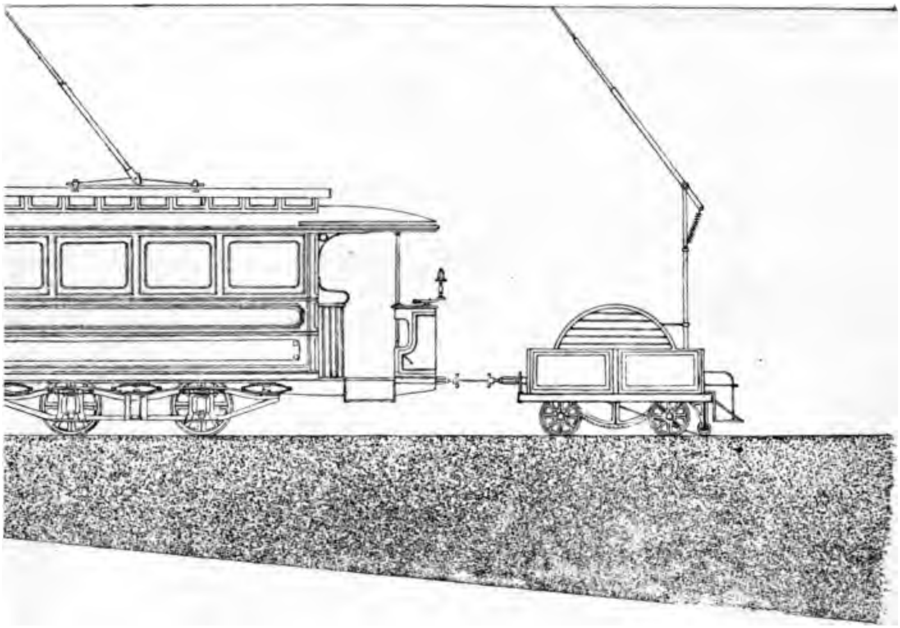
Lastenzug auf der Steigung: 1:10.

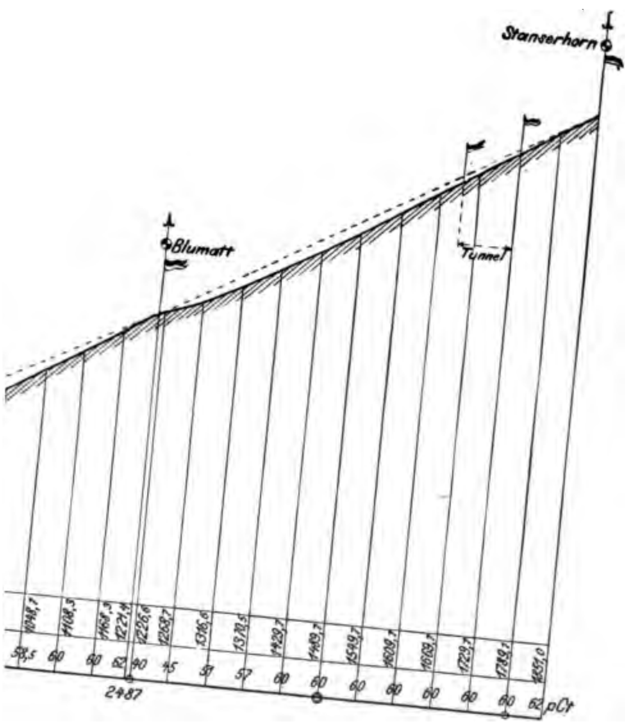


F



Schiemann, Bahnen.





Leipzig, Oskar Leiner.

Stationen	Höhe über dem Meere m	Höhen-unterschied m	Länge der Bahn schief gemessen zwischen den Stationen m	Länge der Bahn schief gemessen vom Anfang m	Länge der Bahn wagerecht zwischen den Stationen m	Länge der Bahn wagerecht vom Anfang m	Steigungen %	mittlere Steigung %
Stans . . .	450							
		264	1550	1550	1527	1527	10 bis 27,5	17,3
Kälti . . .	714							
		507	1090	2640	960	2487	40 bis 62,0	52,1
Blumatt . .	1221							
		629	1275	3915	1110	3597	40 bis 62,0	56,7
Stanserhorn .	1850							
	—	1400	3915	—	3597	—	—	39,0

Der Kraftbedarf auf den drei Strecken ist verschieden (29, 44, 48 PS), indes sind die Kraftstationen übereinstimmend mit Elektromotorenanlage und Dampfmaschinenreserve ausgerüstet.

Die Elektromotoren sind sechspolige Gleichstrommaschinen für 1600 Volt Spannung und 28 Ampère Strom, entsprechend einer Leistung von rund 60 PS. Sie arbeiten mittels Riemenübertragung auf eine Transmissionswelle und von dieser mittels Zahnradvorgeleges auf die Seilscheibe. Das Übersetzungsverhältnis ist so gewählt, dass die Seilscheibe bei der grössten Geschwindigkeit des Elektromotors von 600 Minuten-Umdrehungen an den beiden oberen Strecken 6,2, an der unteren dagegen die doppelte Anzahl Umdrehungen macht. Der Durchmesser der Seilscheibe beträgt 4 *m*, mithin ist die grösste Umfangsgeschwindigkeit rund 1,3 *m*-Sek. bezw. 2,6 *m*-Sek. Im normalen Betrieb soll die Geschwindigkeit nur 1 *m*-Sek. bezw. 2 *m*-Sek. betragen. Die Dampfmaschinen sind Zweicylindermaschinen von 50 PS. Sie arbeiten ebenfalls mittels Riemenübertragung auf die Transmissionswelle.

Die Bewegungsrichtung wird bei den Elektomotoren durch Umschaltung, bei den Dampfmaschinen durch Umsteuerung gewechselt. Zum Regeln der Fahrgeschwindigkeit beim Elektromotorenbetrieb dienen Widerstände. Liegen die Belastungsverhältnisse so, dass zur Bewegung der Wagen keine Motorenkraft erforderlich ist, so wird die Fahrgeschwindigkeit durch die auf der Transmissionswelle angeordnete Handbremse geregelt und der Motor durch Lösen der Reibungskuppelung ganz ausgeschaltet.

Die Handbremse ist eine Backenbremse mit geriffelter Scheibe. Die Bremsklötze sind aus Hartholz angefertigt und umfassen annähernd die Hälfte der Scheibe. Die Backen werden mittels Schraubenspindel geschlossen und geöffnet.

Die Turbinenanlage der Primärstation von 150 PS, welche zum Betriebe der Bürgenstock-Bahn gebaut war, treibt jetzt auch die Stanserhorn-Bahn und überdies die 3,5 *km* lange Strassenbahn, welche Stans mit der Dampfschiffhaltestelle Stansstadt am Vierwaldstätter See verbindet. Es sind dort im Maschinenraum drei weitere Dynamos aufgestellt worden, von denen eine für die Strassenbahn und zwei andere für die Stanserhorn-Bahn arbeiten. Die Leitungen sind oberirdisch geführt; ihre Länge beträgt bis Stans rund 2500 *m*, bis Stanserhorn rund 6000 *m*. Für den Betrieb der Bürgenstock-Bahn sind höchstens 60 PS erforderlich, 20—25 PS sind etwa für die elektrische Strassenbahn nötig, und so blieben für die Stanserhorn-Bahn im ungünstigsten Falle noch etwa 65—70 PS. In Wirklichkeit muss die Turbine jetzt mehr als 150 PS leisten, sodass neben den beiden anderen Bahnen noch gleichzeitig zwei Strecken der Stanserhorn-Bahn betrieben werden können, vorausgesetzt, dass sie nicht voll belastet sind, d. h. dass nicht voll besetzte Wagen zu gleicher Zeit von den unteren Stationen abgehen. Der Kraftbedarf ist auf den drei Strecken der Stanserhorn-Bahn ebenso wie auf der Bürgenstock-Bahn bei Beginn der Fahrt am grössten und nimmt während derselben ständig ab, sodass er unter Umständen gleich Null oder auch negativ werden kann. Aus nachstehender Tabelle ist die Schwankung des Kraftbedarfes der drei Strecken der Stanserhorn-Bahn ersichtlich:

	Wagen		Kraftbedarf in PS	
	aufwärts	abwärts	zu Anfang der Fahrt	zu Ende der Fahrt
Strecke I . .	voll belastet	leer	+ 48	+ 12
» II . .	leer	leer	+ 31	— 11
» III . .	leer	voll belastet	+ 9	— 27

Im Fahrplan für die drei Bahnen ist Rücksicht auf die Leistungsfähigkeit der Primärstation und den schwankenden Kraftbedarf in den Sekundärstationen genommen und jener so entworfen, dass bei normalem Betriebe die vorhandene Wasserkraft ausreicht. Bei sehr lebhaftem Verkehr wird gewöhnlich die obere Strecke der Stanserhorn-Bahn mit Dampf betrieben.

Die Stanserhorn-Bahn wurde in den Jahren 1891 und 1892 gebaut. Im Winter 1892 bis 1893 wurde der Tunnel der dritten Strecke fertiggestellt und der Betrieb dann im Frühjahre 1893 eröffnet. Der Bau wurde von der Firma Bucher & Durrer, Kägiswyl, mit einem Kostenaufwand von 1 200 000 ℳ ausgeführt. Die Kosten auf 1 *km* Bahn betragen also rund 307 000 ℳ. Wenn man berücksichtigt, unter welch' schwierigen Verhältnissen die Bahn gebaut wurde, welche bedeutende Kosten der Transport von Baumaterial,

Schienen, Schwellen u. s. w. auf diesen Steigungen verursachte, wenn man ferner die bauliche Ausführung des Bahnkörpers der zweiten und dritten Strecke und den 175 *m* langen Tunnel in Betracht zieht, so sind die Kosten als nicht zu hoch zu bezeichnen. Dass der Betrieb sehr ökonomisch und billig ist, leuchtet ohne weiteres ein, und es steht wohl ausser Zweifel, dass sowohl die Bau- als auch die Betriebskosten für jede andere Bahnanlage, sei es nun Wasserballast- oder Zahnradbahn mit Lokomotiv- oder elektrischem Betriebe, höher geworden sein würden.

Die Stanserhorn-Bahn steht als Seilbahn in Bezug auf die Gesamtlänge und Höhe bis jetzt unerreicht da. Die bei ihr zuerst angewendete Zangenbremse hat bereits weitere Anwendung gefunden, und zwar für die elektrische Seilbahn in Genua, für die Seilbahn mit Dampfbetrieb Loschwitz—Weisser Hirsch bei Dresden und andern neueren Anlagen.

Es muss hier unterbleiben, weitere Mitteilungen betr. Seilbahnen ausführlich zu beschreiben, und es sei daher zum speziellen Studium einzelner derartiger Bahnen auf die Fachlitteratur verwiesen. (Z. d. V. d. Ing. 1890, S. 77; ETZ 1899, Heft 8, S. 158, Mont-Dore.)

5. Zahnradbahnen.

Die erste elektrisch betriebene Zahnradbahn, bei der die Motoren direkt mit dem Personen-Gefährt verbunden sind, ist die Barmer Bergbahn, welche im Jahre 1893 in Betrieb kam. Erbaut wurde diese Bahn von der Firma Siemens & Halske.

Dieselbe geht zum Teil auf öffentlicher Strasse, zum Teil auf eigenem Bahnkörper. Ihre grösste Steigung besitzt sie in der Louisenstrasse mit 1 : 5,4. Die kleinste Kurve hat 150 *m* Radius. Die Gesamtlänge beträgt 1630 *m* und die auf diese Länge erstiegene Höhe 170 *m*, sodass die mittlere Steigung $\frac{170}{1630}$ = rund $\frac{1}{10}$ beträgt. Die Bahn ist durchweg zweigleisig und mit 1 *m* Spurweite versehen. Die Zahnstange liegt in der Mitte des Gleises und ist nach Riggenbachscher Konstruktion ausgeführt. Die Teilung der Zahnstange ist 75 *mm*, Abstand der Wangeneisen 90 *mm*, Länge der Zahnstangenstücke 3 *m*. Für die in der gepflasterten Strasse liegenden Gleise ist Phönix-Rillenschiene zur Verwendung gelangt, während auf dem eigenen Bahnkörper Vignolschiene verlegt ist. Aus Fig. 27 sind beide Schienenprofile nebst Zahnstangenquerschnitt ersichtlich.

Schienen und Zahnstange sind auf eisernen Querschwellen, deren Abstand durchgängig 1 *m* beträgt, gelagert. Um ein Abrutschen bezw. Thalwärtswandern des gesamten Oberbaues zu ver-

und Drehstrom als die wirtschaftlich günstigste Lösung erkannt.

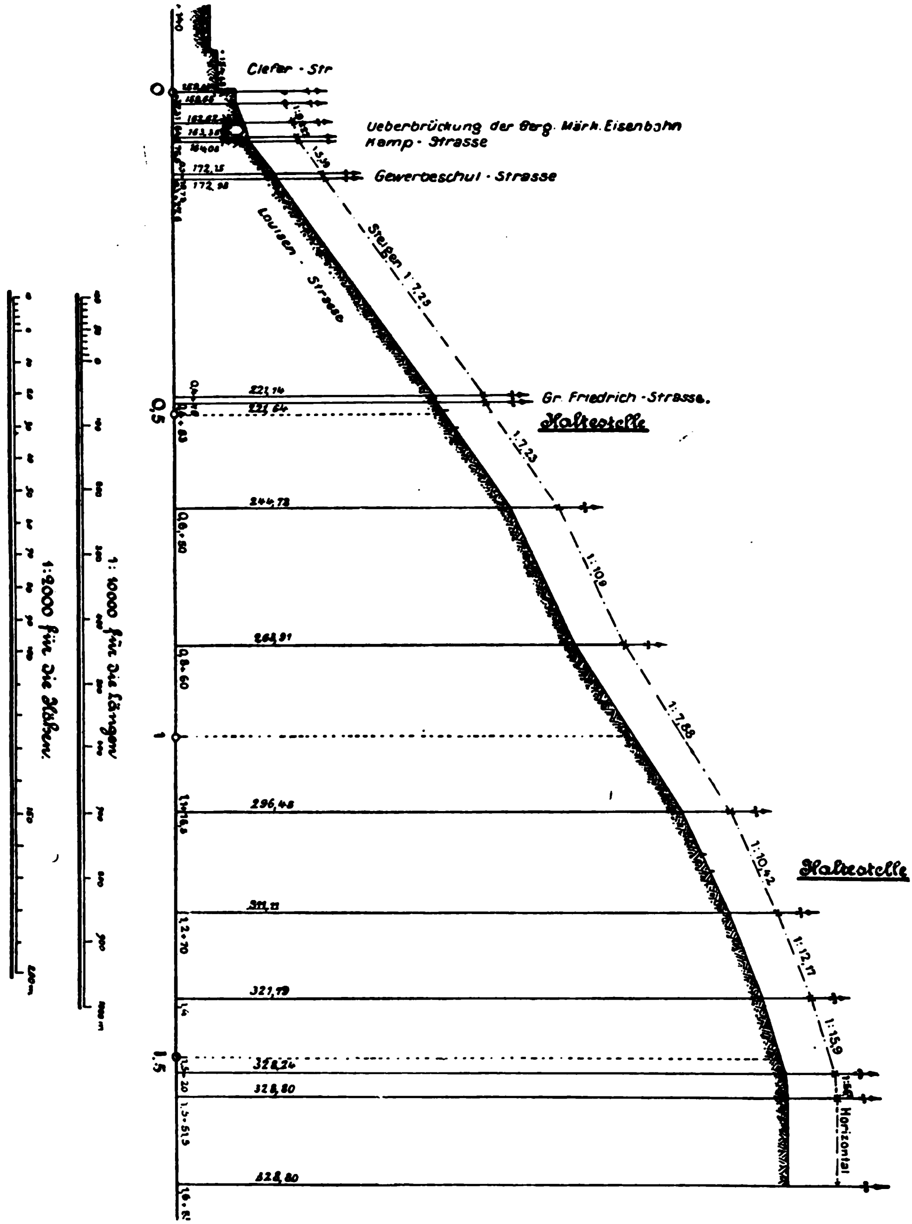
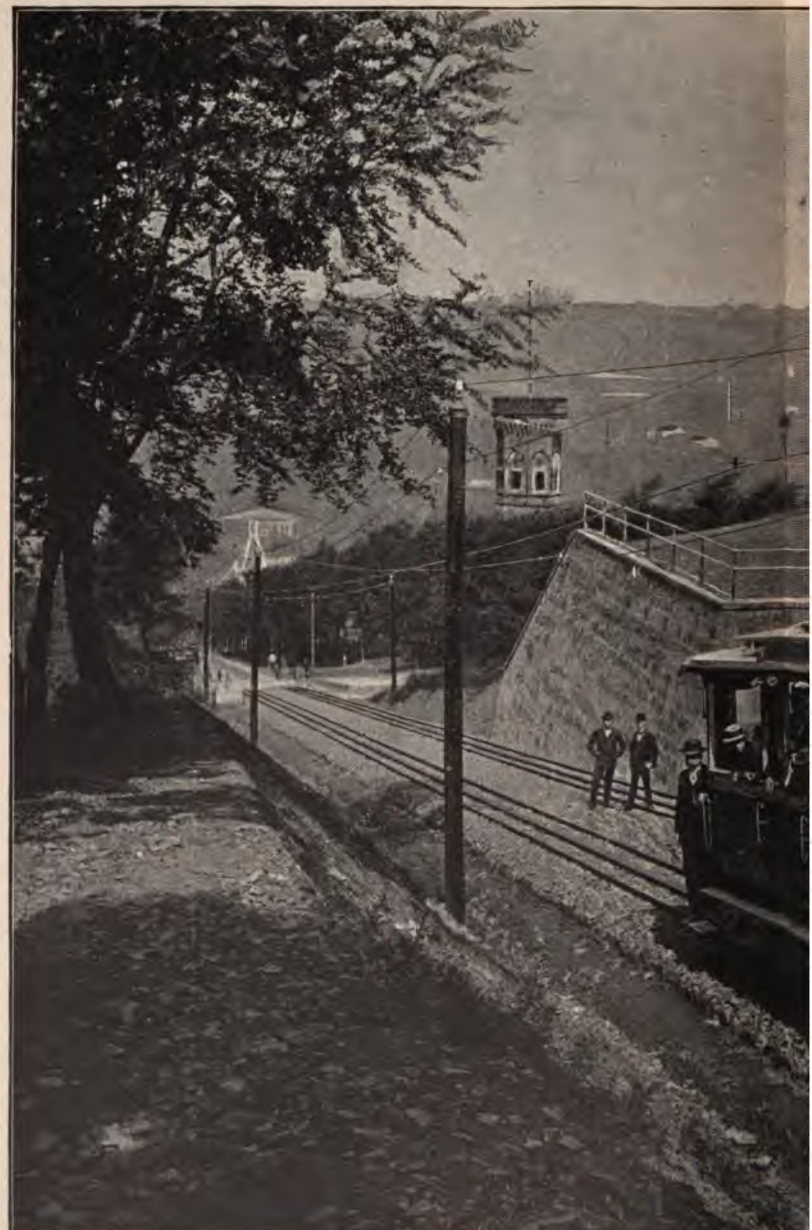


Fig. 28.



Schiemann, Bahnen. Fig. 30.



g. 30. Leipzig, Oskar Leiner.

Die gesamte Bahnstrecke ist 9,2 *km* lang und überwindet auf dieser Länge einen Höhenunterschied von 1411 *m*, während die grösste Steigung 20 % nicht überschreitet.

Die Bahn hat 1 *m* Spurweite. Die Laufschienen sind Vignol-Schienen von 100 *mm* Höhe und liegen auf 1,7 *m* langen eisernen Querschwellen, die mit 850 *mm* Teilung in einer rund 300 *mm* hohen Schotterschicht gelagert sind. Zwischen den Laufschienen ist eine doppelte Zahnstange nach der Bauart Abt verlegt. Der Bahnunterbau wird fast durchweg von festem Felsboden gebildet.

Die Grösse der zum Betriebe erforderlichen Kraft wurde auf grund folgender Betrachtungen festgestellt. Das Gewicht eines Zuges, bestehend aus einer elektrischen Lokomotive, zwei Personenwagen (einem geschlossenen und einem offenen) und 110 Personen wurde zu $10{,}550 + 5{,}200 + 4{,}000 + 110 \cdot 0{,}075 = 28\ t$ angenommen, desgleichen der gesamte Zugwiderstand auf ebener Strecke zu 14 *kg/t* und die Fahrgeschwindigkeit auf der grössten Steigung von 20 % = 1 : 5 zu 2 *m*-Sek. oder 7,2 *km*-Std. Es berechnet sich alsdann der Zugwiderstand auf

$$Z = 28 \cdot \left(14 + \frac{1000}{5}\right) \cong 6000\ kg$$

und die Zugleistung auf

$$\frac{6000 \cdot 7{,}2}{3{,}6} \cdot \frac{1}{75} = 160\ \text{PS}$$

oder unter Berücksichtigung eines Wirkungsgrades der Lokomotive von nur 85 % zu rund 180 PS für einen Zug. Unter der Annahme, dass zu gleicher Zeit immer zwei Züge in der Auffahrt begriffen sind, müssten zur Abgabe

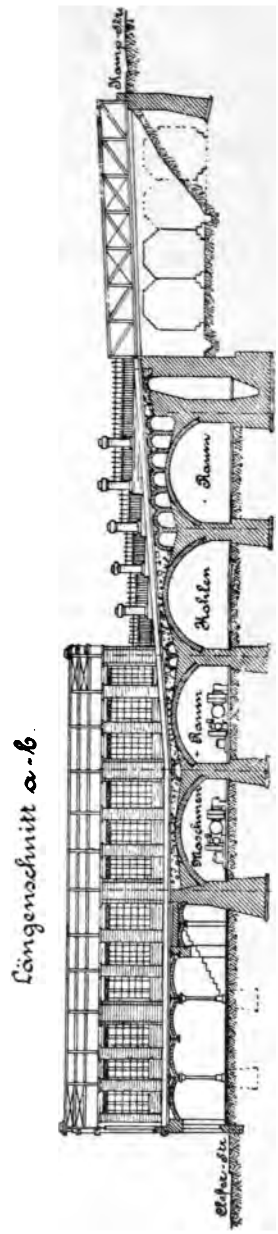


Fig. 29.

an die Motoren 2 · 180 = 360 PS zur Verfügung stehen. Unter fernerer Berücksichtigung der Verluste in den Stromerzeugern, Speiseleitungen, Umformern, Kontaktleitungen und den Motoren ergab sich die Notwendigkeit, die Kraftanlage für eine Leistung von rund 500 PS einzurichten und noch eine Reserve vorzusehen.

Drei durch Turbinen angetriebene Dynamos von je 250 PS sind in der Kraftstation aufgestellt, von denen eine als Aushilfe dient. Ausserdem ist das Fundament für eine vierte Maschine schon vorgesehen. Die Turbinen mit wagerechter Achse machen 400 Minuten-Umdrehungen und sind mittels elastischer Kuppelungen unmittelbar mit den Dynamos verbunden.

Da es im Betriebe jederzeit vorkommen kann, dass die in der Auffahrt begriffenen beiden Züge gleichzeitig anfahren oder anhalten, so ist es nicht ausgeschlossen, dass die Belastung plötzlich zwischen 0 und 500 PS schwankt. Es war daher von grösster Wichtigkeit, für eine selbstthätige, sicher wirkende Regelung der Geschwindigkeit zu sorgen. Die Turbinen sind daher mit ganz besonders empfindlichen hydraulischen Regulatoren ausgerüstet, desgleichen die Druckleitungen mit selbstthätig wirkenden Auslassventilen u. s. w. Aus demselben Grunde sind auch die Erreger nicht unmittelbar mit den Turbinen verbunden, sondern es werden die beiden kleinen Gleichstrom-Dynamos durch zwei besondere kleine Turbinen von je 15 PS und 900 Minuten-Umdrehungen angetrieben.

Die Stromerzeuger sind zwölfpolig, der Strom hat daher 40 Perioden in der Sekunde. Die von den Maschinen erzeugte Spannung beträgt 4500 Volt und wird in drei Umformerstationen auf die für die Fahrleitung notwendige Spannung von rund 540 Volt vermindert. Die Umformer besitzen eine Kapazität von je 180 Kilowatt. Die beiden Fahrdrähte für die Bahnlinie haben 8 *mm* Durchmesser, sie liegen in einem Abstande von 400 *mm* und werden alle 20—30 *m* durch Querdrähte getragen.

Die Umdrehungszahl der Turbinen zwischen Leerlauf und voller Belastung schwankte nur um 1 %, während sie sich bei plötzlicher Be- oder Entlastung von 0 auf 250 oder von 250 auf 0 PS um nicht mehr als 2 % veränderte.

Die von der Schweizer Lokomotivfabrik zu Winterthur gelieferten elektrischen Lokomotiven sind mit je zwei Motoren ausgerüstet, die bei 540 Volt Spannung in der Fahrleitung und bei 800 Minuten-Umdrehungen je 90 PS, also zusammen 180 PS, leisten. Beide Motoren arbeiten vollkommen unabhängig voneinander; sie sitzen fest auf dem Rahmengestell und arbeiten mittels eines zweifachen Rädervorgeleges, das ein gesamtes Übersetzungsverhältnis von 1 : 12 aufweist und doppelt angeordnet ist, auf die Triebachsen der Zahn-

räder. Die Motoren sind asynchrone Dreiphasenstrom - Motoren mit gewickelten Ankern und Schleifringen; sie sind sechspolig und machen bei 40 Perioden in der Sekunde 800 Minuten-Umdrehungen. Sie sind imstande, nicht nur bei gewöhnlichem Stromverbrauch unter der vollen Last, sondern auch bei bedeutenden Überlastungen — im letzteren Falle natürlich unter grösserem Stromverbrauch — anzulaufen. Bei der normalen Fahrgeschwindigkeit von 7 *km*-Std. beträgt die Zugkraft am Zughaken rund 6000 *kg*. Über den Motoren liegt in einem Gehäuse der für beide Motoren gemeinschaftliche Widerstand. Über dem Widerstand sind der Umschalter, sowie die zum Betriebe nötigen Sicherheits- und Kontrollvorrichtungen untergebracht. Oberhalb des Daches endlich sind mit Rücksicht auf die grossen Stromstärken zwei Stromabnahmevorrichtungen angeordnet.

Die Lokomotiven ähneln äusserlich den für die Jungfrau-Bahn angewandten Lokomotiven, wie diese in Fig. 36 dargestellt sind.

Zur Sicherung des Betriebes dienen zwei vollständig getrennte Bremssysteme. Einmal können beide Treibachsenbremsen, und zwar unabhängig voneinander, vermittelst zweier Kurbeln von Hand bethätigt werden; dann sind noch beide Motoren mit Bremsscheiben und Bandbremsen ausgerüstet, die auf drei Arten in Wirksamkeit treten:

1. von Hand;
2. selbstthätig, sobald der Wagen eine gewisse Fahrgeschwindigkeit überschreitet, und
3. sobald aus irgend einem Grunde der Strom unterbrochen wird. Letztere Wirkung wird durch ein Solenoïd erreicht, das, solange es vom Strom durchflossen wird, die Bremse gelöst hält, sie jedoch sofort anzieht, sobald die Stromzufuhr aufhört.

Was nun die Schaltung der Motoren anbelangt, so ist darüber für die Bergfahrt nichts besonderes zu sagen. Anders steht es aber damit für die Thalfahrt, für die zwei Schaltungsarten möglich sind. Einmal kann man die Motoren wie für die Bergfahrt schalten und alsdann soviel Widerstände einschalten, dass die gewünschte Fahrgeschwindigkeit nicht überschritten wird, oder aber man schaltet die Motoren richtig für die Thalfahrt mit kurz geschlossenen Motorwickelungen.

Für den Fall, dass nur zu Thal fahrende Züge auf der Strecke verkehren, die Kraftstelle also mehr Strom aufzunehmen als abzugeben hätte, könnte es vorkommen, dass die Dynamos und Turbinen eine gefährliche Geschwindigkeit annehmen würden. Um das zu verhindern, wird im Krafthaus, sobald die Turbinen eine gewisse Höchstgeschwindigkeit überschreiten, ein elektrischer Belastungswiderstand (Wasserwiderstand) selbstthätig eingeschaltet.

Ein Leitungsschema für die Lokomotiven giebt Fig. 31 wieder. Das Eigengewicht einer Lokomotive beträgt 10,55 *t*, das Führerhaus hat eine Länge von 3,800 *m*, der Radstand beträgt 2,140 *m*. Die elektrischen Einrichtungen dieser Bahn wurden von der Firma Brown, Boveri & Co. - Baden geliefert.

Die Bahn besitzt geschlossene und offene Personenwagen, sowie Güterwagen. Die geschlossenen Personenwagen von 5,2 *t* Eigengewicht fassen 60 Personen. Die Wagenkasten der Personenwagen ruhen an einem Ende auf einem zweiachsigen Drehgestell, mit dem anderen Ende stützen sie sich auf die Lokomotive selbst. Es wird

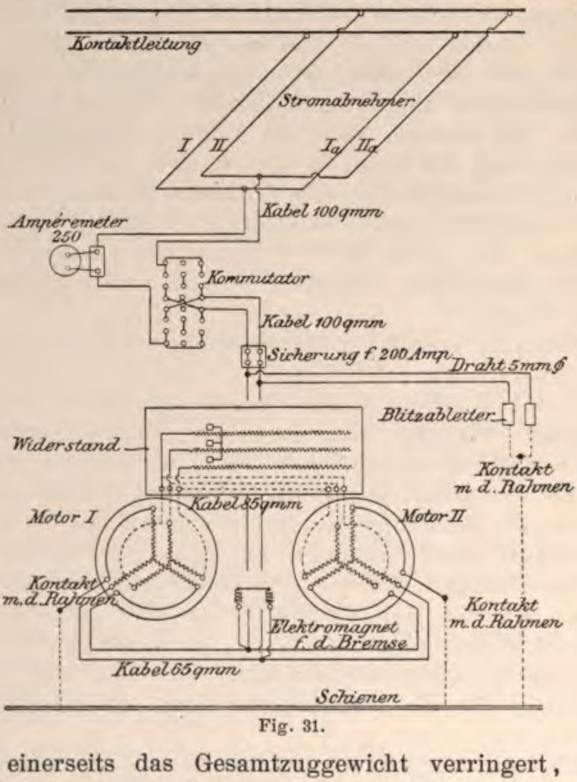


Fig. 31.

hierdurch einerseits das Gesamtzuggewicht verringert, anderseits aber der Achsdruck der Lokomotiven verstärkt, sodass die Zahnräder weder entgleisen, noch aus der Zahnstange aufsteigen können. Die geschlossenen Wagen enthalten sechs Abteile zu je zehn Sitzplätzen.

Die zur Zeit im Bau befindliche, wohl genialste und kühnste Bergbahn ist die Jungfrau-Bahn. Sie beginnt an der kleinen Scheidegg (Station der Wengeralp-Bahn), geht anfangs eine kurze Strecke oberirdisch, später nur noch durch gewölbte Tunnel, soll bisher den

Eiger und Mönch durchschneiden und den Gipfel der Jungfrau zum Schluss mit einem 100 *m* hohen Vertikalaufzug erklimmen. Die grösste Steigung beträgt 250 ‰ oder 1 : 4.

Die Bahn wird eingleisig mit 1 *m* Spurweite gebaut. Der kleinste Kurvenhalbmesser beträgt in den Weichen 80 *m*, auf der offenen

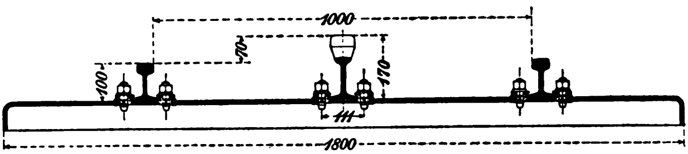


Fig. 32.

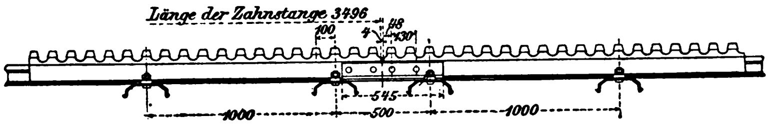


Fig. 32 a.

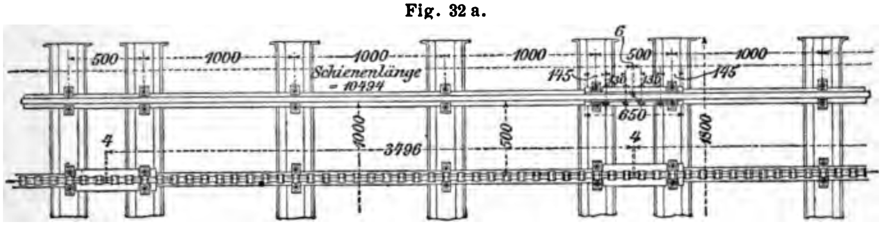


Fig. 32 b.

Strecke 100 *m*, in den Tunneln aber 200 *m*. Der Bahnoberbau ist, was die Zahnstange anbetrifft, nach einem neuen System entworfen. (Vergl. Fig. 32, 32a und 32b.)

Die flusseisernen Schwellen von 1,8 *m* Länge wiegen je 37 *kg* und sind mit 1 *m*, in den Stössen mit 0,5 *m* Teilung verlegt. Die Laufschienen aus Flussstahl haben 10,5 *m* Länge und sind 100 *mm* hoch; sie wiegen 20,6 *kg*/*m* und sind durch Klemmplatten befestigt. (Vergl. Fig. 33.) Die Schienenstösse sind schwebend mit beiderseits eingeklinkten Winkellaschen. Die Schienen sind unter 45° abgeschnitten, damit die Stösse sanfter befahren werden.

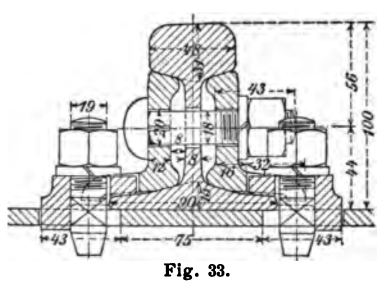


Fig. 33.

Die aus einem Stücke gewalzte Zahnstange (Fig. 34) ist mit dem normalen Schienenfusse versehen, sodass sie gleich einer Schiene mit normalen Klemmplatten und Schrauben befestigt wird.

Das Material hat 45 *kg/qmm* Zugfestigkeit und 20 % Dehnung. Die Schiene wiegt im fertigen Zustande 34 *kg/m*. Die Zähne sind durch Bohren, Sägen und Fräsen hergestellt worden und haben die in Fig. 35 dargestellte Form.

Die Vorteile dieser Zahnstange sollen in billiger Herstellung, einzig dastehender Einfachheit, der Möglichkeit, sie leicht jedem Krümmungshalbmesser anzupassen, und besonders in der Gewährleistung eines sicheren Betriebes bestehen. Durch die eigentümliche Kopfform ermöglicht diese Zahnstange Zangenbremsen anzuwenden, die bei leichtester Handhabung sowohl seitliches Entgleisen als auch Abheben, oder — besser gesagt — Auflaufen der Zahnräder sicher verhindern. Ein weiterer Vorzug dieser Strub'schen Zahnstange liegt in der Möglichkeit, sie leicht reinigen zu können, allerdings muss sie, wie die Abt'sche Zahnstange, freiliegend sein und kann nicht, wie die Riggenbach-sche, im Pflaster eingebettet werden. Der vollständige Oberbau wiegt 125 *kg/m*.

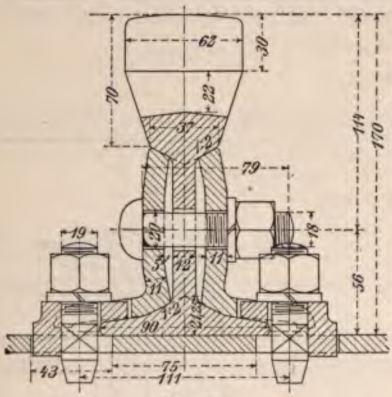


Fig. 34.

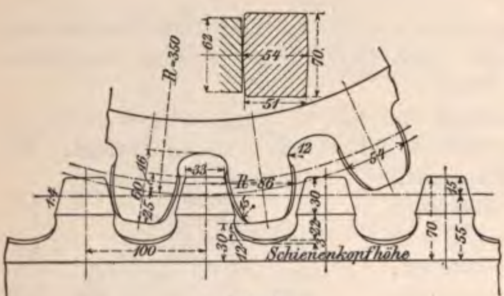


Fig. 35.

Die Maschineneinheit der Kraftstationen wurde zu 500 PS festgesetzt, und zwar auf grund folgender Annahmen. Der normale Zug soll aus einem vereinigten Motor- und Personenwagen von 15 *t* Gewicht, einem Anhängewagen von 5,4 *t* und einer Belastung von 80 Personen = 5,6 *t* bestehen, zusammen also 26 *t* wiegen. Ein solcher Zug soll in dem Tunnel auf der grössten Steigung von 250 ‰ mit 8,5 *km*-Std. Geschwindigkeit befördert werden, wofür eine Zugleistung von $\frac{26\,(250 + 10) \cdot 8{,}5}{3{,}6 \cdot 75} = 212$ PS zu rechnen ist.

Des weiteren wurden an Wirkungsgraden angenommen:

für die Motoren mit Übersetzung 0,70
» » Sekundärleitung und die Umformer . 0,84
» » Primärleitung 0,92
und » » Dynamos 0,93

oder zusammen 0,50, sodass sich die Leistung an einer Turbinenwelle zu rund 425 PS bestimmte, wofür aus Sicherheitsgründen 500 PS gewählt wurden, insbesondere auch wegen der noch offen stehenden Frage der Beleuchtung und Heizung von Wagen und Stationen.

Von der Kraftstation führt die Primärleitung mit 7000 Volt Spannung möglichst unmittelbar nach der Station Klein-Scheidegg, wo der Strom auf 500 Volt umgeformt wird.

Die elektrischen Lokomotiven sind mit den Wagen kurvenbeweglich verbunden. Das Gewicht der Lokomotive allein beträgt 12 *t*. Nach der Berechnung des Zahndruckes beim raschen Bremsen könnte die aufwärts gerichtete Seitenkraft die Belastung der oberen Achse überschreiten, was trotz der Anwendung von Zangenbremsen unzulässig wäre und deshalb zur Kombination der Lokomotive mit dem Wagen führte. Es ist klar, dass man hierdurch grosse Betriebssicherheit bei geringem Gewicht und grosse Bremsleistung erreicht. Der Wagen lässt sich zur leichteren Vornahme von Reparaturen bequem von der Lokomotive trennen; er braucht keine Bremsen, da die Lokomotive mit solchen genügend ausgerüstet ist. Die Erschütterungen werden nicht auf den Wagen übertragen, und die gelenkige Verbindung beider Fahrzeuge giebt eine gute Kurvenbeweglichkeit.

Die Lokomotive (Fig. 36) ruht auf zwei Tragachsen mittels ziemlich steif abfedernden Spiralfedern. Dies Federspiel ist nach oben und unten durch Anschläge auf 10 *mm* begrenzt. Der Rahmen ist wie ein gewöhnlicher Lokomotivrahmen aus Blechen und Façoneisen von bestem Flusseisen gebaut und nimmt zwischen den Tragachsen die zwei Zahntriebachsen auf. Zwei Elektromotoren mit 800 Umdrehungen und je 150 PS treiben jeder mittels Zahnradübersetzung, welche symmetrisch beidseitig der Motoren angeordnet sind, die Zahntriebachsen. Diese Höchstleistung von 300 PS entspricht etwa 285 Kilowatt oder etwa 235 Ampère in jeder Phase der verketteten Spannung von 500 Volt des Betriebsstromes. Zu den Ankerzahnrädern wird Aluminiumbronze, zu den grossen Stirnrädern Stahlguss und zu den Triebzahnrädern geschmiedeter Gussstahl von 75 *kg/qmm* Festigkeit bei 12 % Minimaldehnung verwendet. Die Übersetzungsräder sind nur mit 45 *mm* Teilung ausgeführt und symmetrisch schief geschnitten, sodass ein ruhiger Gang bei aufgehobenem Seitendruck gesichert ist. Die Triebzahnräder sind

möglichst gross gewählt, um einen sicheren Zahneingriff und geringe Zahnabnutzung zu erzielen.

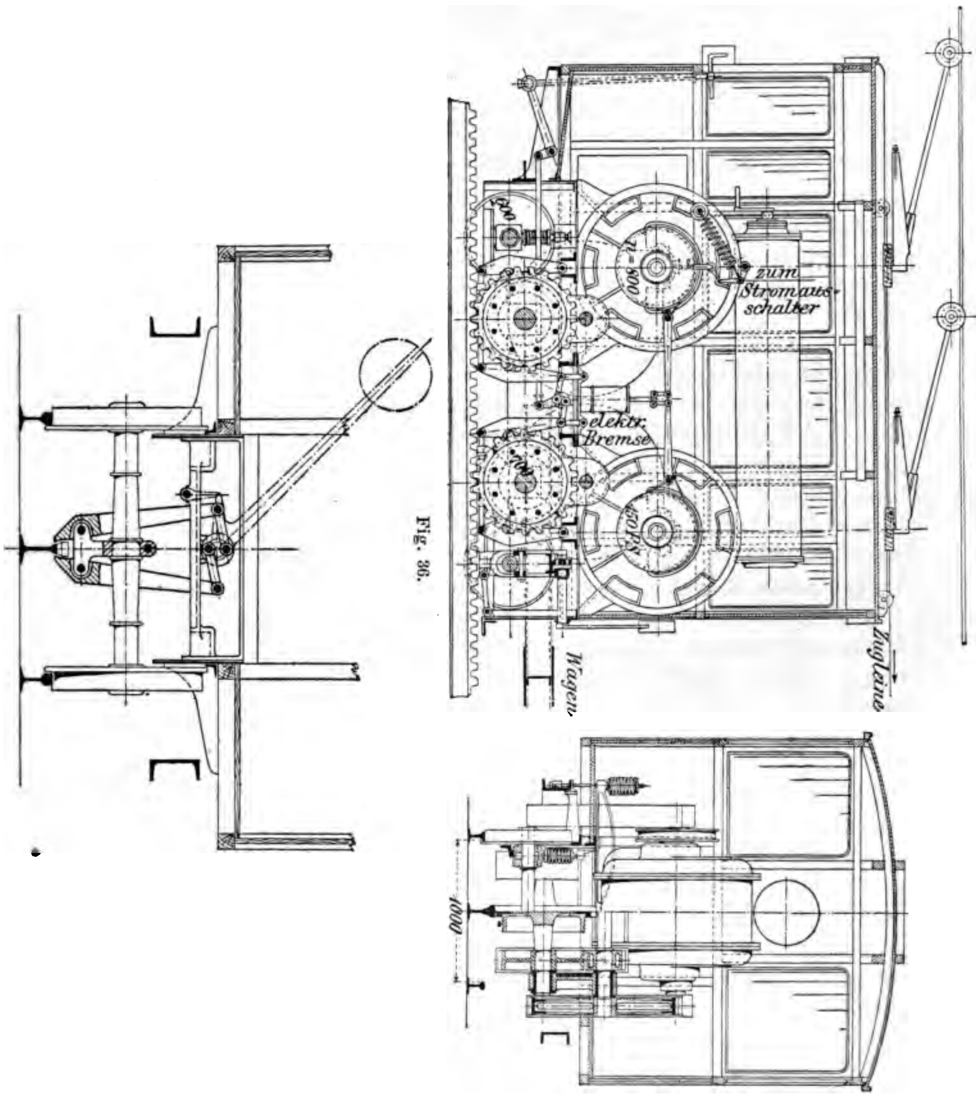


Fig. 36.

Das Führerhaus ist geschlossen und wegen den tiefen Temperaturen in Holz konstruiert. Die Lokomotive hat folgende Bremsen:

1. An der Motorwelle eine elektrische Bremse, welche in Thätigkeit tritt, sobald der Strom durch die Motoren geht. Diese

Bremse ist mit einem elektrischen Regulator in dem Sinne kombiniert, dass derselbe, wenn die Maschine aus irgend einem Grunde zu schnell laufen sollte, den Strom unterbricht und dadurch die elektrische Bremse auslöst. Der Strom kann auch von der oberen Wagenplattform aus mittels Zugleine unterbrochen, bezw. die Bremse in Thätigkeit gesetzt werden.

2. Eine Handbremse wirkt mittels Hebelübersetzung auf je eine Bremsscheibe an dem Triebzahnrad. Die Bremsklötze sind in Bronze ausgeführt.

3. Eine Schienenzangen-Hebelbremse. Diese Notbremse soll sowohl vom Führer, als auch von dem auf der oberen Plattform stehenden Schaffner in Thätigkeit gesetzt werden können. Die Zangenbremse kann auch als Regulierbremse benutzt werden, um damit bei zuffälliger Stromunterbrechung die Thalfahrt fortsetzen zu können. Die Zangenbremsen tragen Bronzesohlen.

Die Jungfrau-Bahn-Lokomotive mit 6600 *kg* Zugkraft ist die stärkste aller bisher ausgeführten elektrischen Zahnrad-Lokomotiven.

Die Ladefläche der zwei offenen Güterwagen ist 2 *m* breit und 4 *m* lang. Das Eigengewicht beträgt 2600 *kg*, die Tragfähigkeit 8000 *kg*, infolge hiervon ist das Verhältnis der toten Last zur Nutzlast nur 32%. Alle Wände sind zum Wegnehmen, die Seitenwände ausserdem zum Niederklappen, und es können die Wagen als Plattform und für Transporte von Schienen, Stangen und dergl. als Schemelwagen benutzt werden.

Der Wagen hat kein Zahnrad, sondern nur eine kräftige Zangen-Handbremse.

An der Ausführung der Wasserwerk- und elektrischen Anlage nehmen teil: Rieter & Cie., Escher Wyss & Cie., Maschinenfabrik Oerlikon und Brown Boveri & Cie. Die Lokomotiven liefert die Schweizer Lokomotivfabrik und die Güterwagen die Giesserei Bern.

Über die örtlichen Verhältnisse der Jungfrau-Bahn siehe auch Z. d. V. d. Ing. 1898, Heft 35; ETZ 1897, Heft 33; Schmalspurbahn 1897, Heft 15; Schweizerische Bauzeitung 1897.

Eine durch Kombination zwischen Adhäsionsbahn und Zahnradbahn eigentümliche Anlage ist die neu eröffnete, hauptsächlich dem Touristenverkehr dienende Gebirgsbahn von Stansstadt nach Engelberg längs des Engelbergthales.

Die Gesamtlänge dieser Bahn ist 22,5 *km*. In Fig. 37 ist das Längsprofil genannter Bahn dargestellt.

Zwischen Stansstadt und Obermatt (in Obermatt befindet sich die Kraftstation), d. h. auf ca. 18 *km* Strecke, liegt der Bahnkörper in ebenem Gelände und ist für Adhäsionsbahn geeignet. Von Obermatt bis Gherst ist eine Riggenbach'sche Zahnstange eingebaut. Von

Gherst bis Engelberg ist die Bahn wieder eine gewöhnliche Adhäsionsbahn. Die Zahnstrecke hat eine Länge von 1,54 *km* und die mit ihrer Hilfe erklommene Steigung ist durchschnittlich 25 %. Die höchsten Steigungen auf der Adhäsionsstrecke sind 5 % und der kleinste Kurvenradius beträgt hier 50 *m*. Der Oberbau besteht aus Vignolschienen von 20 *kg/m* Gewicht, welche auf eisernen Schwellen von 22 *kg/m* verlegt sind. Die Schienen haben eine Länge von 10,5 *m* und liegen je auf elf Querschwellen.

Lange Wagen mit 48 Personen Fassungsraum laufen als Motorwagen auf der gewöhnlichen Strecke und werden auf der Zahnradstrecke von einer elektrischen Lokomotive geschoben. Die ganze Trace führt

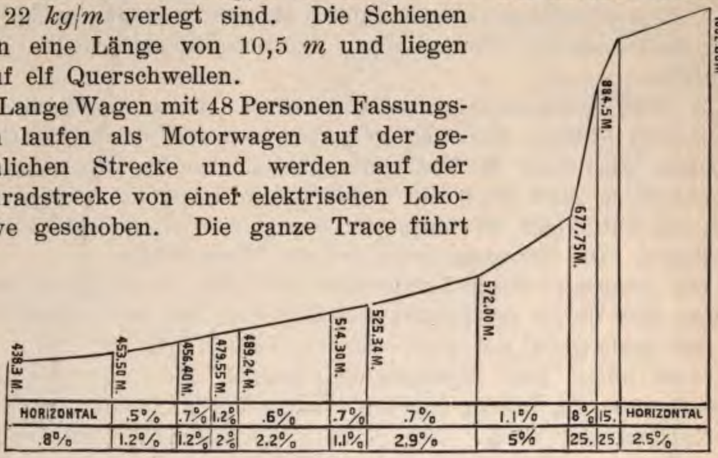


Fig. 37.

durch ein sehr interessantes Land mit schönen Ausblicken und benutzt nur eigenen Bahnkörper. Die Stationen sind geschmackvoll eingerichtet und ist Raum für Personengepäck vorgesehen, wodurch die Bahn mehr einer Hauptbahn gleicht als einer Strassenbahn.

Der gewählte Dreiphasenstrom wird direkt den Wagen- und Lokomotivmotoren durch zwei Bügelkontakte von den $4\frac{1}{2}$ *m* über Schienenoberkante gelegenen und 0,9 *m* voneinander entfernten oberirdischen Fahrdrähten zugeführt.

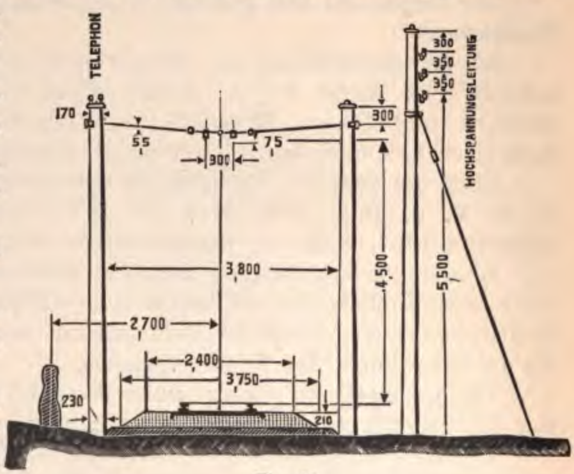


Fig. 38.

Fig. 38 zeigt die schematische Darstellung der Leitungsanordnung im Querschnitt. Die Fahrschienen bilden den dritten Leiter. Der

Durchmesser der Fahrdrähte ist 7,5 *mm*. Dieselben hängen an Stahldrähten von 5,5 *mm* Durchmesser, welche wiederum von je zwei Holzmasten getragen werden, die an den beiden Seiten des Bahnkörpers, 35 *m* voneinander entfernt, aufgestellt sind. Die Masten sind imprägnierte Fichtenstämme mit 230 *mm* Zopfstärke und 170 *mm* oberem Durchmesser.

Der Dreiphasenstrom wird in der Kraftstation mit 750 Volt erzeugt und wird der unmittelbar an der Station liegenden Teilstrecke direkt zugeführt.

Die Kraftstation liegt dicht am Bahnkörper bei Obermatt. Die beiden Teilstrecken nach Grafenort und Grünenwald werden besonders gespeist, um den Spannungsverlust auf der steilen Strecke zu vermindern. Um die bei Stans gelegene Teilstrecke zu speisen, wird die Spannung eines Teiles des Generatorstromes in drei 30 Kilowatt-Transformatoren von 750 auf 5000 Volt erhöht. Dieser Hochspannungsstrom wird mittels dreidrähtiger oberirdischer Leitung von je 3,5 *mm* Durchmesser bis Dallenwyl geleitet, welches 11,1 *km* von der Kraftstation entfernt liegt. Hier ist eine zweite Gruppe gleich grosser Transformator aufgestellt, welche die Spannung wieder auf 750 Volt reduzieren. Die Generatoren brauchen 200 PS bei 650 Umdrehungen in der Minute und besitzen gesonderten Antrieb. Die Zahl der Perioden ist 65 in der Sekunde. Gegenwärtig sind zwei solcher Generatoren aufgestellt. Die Erregung erfolgt durch zwei Gleichstrommaschinen von je 10—12 PS Kraftbedarf, bei 1800 Umdrehungen in der Minute 110 Volt liefernd. Jede dieser Dynamos wird durch eine besondere kleine Turbine angetrieben.

Die Kraftstation ist zur Aufnahme von drei Aggregaten eingerichtet und kann, wenn nötig, für eine Verkehrssteigerung erweitert werden.

In Fig. 39 ist ein Schaltungsschema der Kraftstation dargestellt. Hierin bedeutet G den Dreiphasen-Generator von 750 Volt, E die Erreger-Dynamo von 110 Volt, R den hierzu gehörigen Nebenschluss-Regulierwiderstand, T den Transformator für die Hochspannungsfernleitung von 750—5000 Volt.

Die Schaltwand enthält die üblichen Apparate, wie Spannungsmesser, Strommesser, Schalter u. s. w. Auf der Hinterseite der Wand sind die Schmelzsicherungen und die Anschlüsse des Transformators vorgesehen. Die oberirdischen Drähte sind an der Stelle, wo sie die Station verlassen, durch Siemens'sche Hörnerblitzableiter geschützt, welche ihrerseits an den ersten Holzmasten befestigt sind.

Die bei Dreiphasenstrom mögliche Nutzbremsung des auf 25%igem Gefälle fahrenden Wagens bezw. der Lokomotive ist hier wiederum durchgeführt. Diese gewonnene Arbeit wird natürlich

zunächst dazu benutzt, den in der nächsten Teilstrecke fahrenden Wagen zu speisen. Da jedoch der Betrag der Stromwiedergewinnung bei dem grossen Gefälle einen Überschuss an Arbeit gegenüber dem Verbrauch des auf der Adhäsionsstrecke fahrenden Wagens liefert, muss dieser Überschuss auf andere Weise verbraucht werden. Hierzu ist in der Kraftstation ein Wasserwiderstand aufgestellt, welcher aus drei Schienen, die in den Turbinen-Wasserausflusskanal gelegt sind, besteht. Die Entfernung zwischen diesen Schienen und ihre Länge

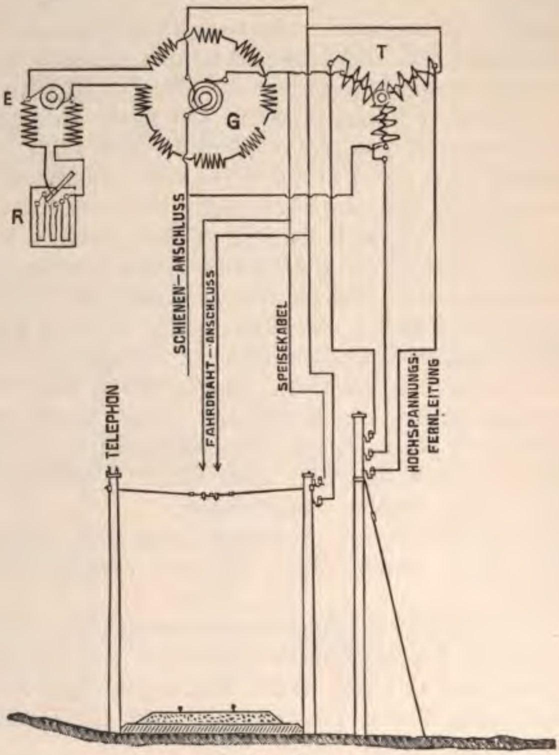


Fig. 39.

ist so gewählt, dass sie 140—240 PS verzehren können. Die Kraftstation wird von dem Abwärtsfahren eines Wagens telephonisch verständigt und der Beamte in der Kraftstation bethätigt den Wasserwiderstand durch zwei besondere Schalter.

Eine andere interessante Anordnung ist die Konstruktion, welche Unfälle durch Hochspannungsdrahtbrüche verhindern soll. Die Behörde hat der Stansstadt-Engelberg-Bahngesellschaft die Bedingung auferlegt, eine Vorrichtung zu treffen, welche sofort den Strom unter-

bricht, wenn die Hochspannungsleitung reisst. Fig. 40 zeigt die getroffene Anordnung. Die Primärspulen a, b, c der drei kleinen Transformatoren sind mit den Hochspannungsdrähten an denjenigen Punkten verbunden, wo sie die Station verlassen, und sind gemeinsam bei Punkt O an Erde gelegt. Die Sekundärspulen dieser drei Transformatoren sind in Serie geschaltet und ergeben bei Unterbrechung des Primärstromes einen Strom, der durch einen die Ausschaltung bewirkenden Apparat geht. Die Sekundärspannung dieser Transformatoren ist 50 Volt. Der automatische Stromunterbrecher des Stromkreises ist eine mit J bezeichnete Bogenlampe. Die Wirkungsweise ist nun folgende: Wenn der Strom normal, d. h. wenn kein Draht zerrissen ist, bleibt das ganze System im Gleichgewicht und die Sekundärspulen der drei kleinen Transformatoren sind stromlos.

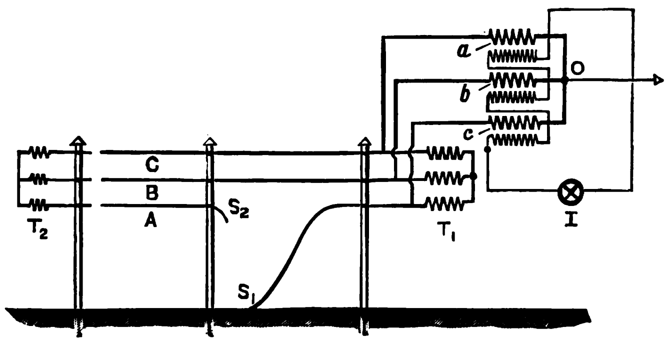


Fig. 40.

Wenn anderseits einer der drei Drähte reisst, wird das Gleichgewicht gestört. Die ungleichen Phasen erregen die Sekundärspulen und dieser Strom durchläuft den jetzt gebildeten Lampenstromkreis, sodass die Kohlen aufleuchten und den Erregerstrom der Generatoren unterbrechen. Die mit diesen Apparaten gemachten Versuche bestanden darin, dass man einen Draht der Fernleitung auf die Erde fallen liess, wobei sich zeigte, dass die Unterbrechung des Erregerstromes und dadurch des Primärstromes innerhalb 4—7 Sekunden erfolgte. Die Wirkung ist nicht augenblicklich, aber es würde nicht schwer sein, sie zu beschleunigen, wenn z. B. an Stelle der Bogenlampe ein Starkstromunterbrecher eingeschaltet würde. Um den schädlichen Wirkungen einer plötzlichen Stromunterbrechung vorzubeugen, müsste indes ein solcher Automat vorgesehen werden, welcher nicht den 110voltigen Erregerstrom sofort ausschaltet, sondern nach und nach einen Parallelschluss zu ihm bis zum direkten Kreuzschluss herstellt, wodurch die Erregernebenschlussdynamo stromlos wird und der Stromkreis derselben ohne Schaden unterbrochen werden kann.

Als Nachteil dieser Anordnung ist zu beachten, dass die Apparate zu empfindlich sind und auch bei Blitzschlägen in Thätigkeit treten können.

Das rollende Material besteht aus zwei elektrischen Lokomotiven, fünf Motorwagen und vier Güterwagen. Die Lokomotiven, welche jede ein Gewicht von 16,5 *t* haben, sollen die Wagen auf den Zahnradstrecken stossen und ausserdem die Güterzüge in der Adhäsionsstrecke bewegen. Diese Lokomotiven sind zweiachsig und mit zwei Elektromotoren von je 75 PS ausgerüstet, welche das Antriebszahnrad durch eine doppelte Übersetzung ins Langsame antreiben. Die Umdrehungszahl der Motoren ist rund 650/Minute und die Geschwindigkeit auf der Zahnradstrecke ist 5 *km*-Std. Auf ebenen Strecken kann eine höhere Übersetzung zum Antrieb der beiden Wagenachsen eingeschaltet werden, sodass die Lokomotiven mit 11,4 *km*-Std. Geschwindigkeit laufen können. Die Ausrüstung der Lokomotiven besteht aus einem Ausschalter, einem Umschalter, einem Spannungs- und Strommesser, Blitzableiter und Sicherungen.

Die Thätigkeit des Wagenführers ist sehr einfach. Er schliesst zuerst den Hauptschalter und schaltet langsam den Widerstand aus, welcher beim Anlauf in den Stromkreis des Motors eingeschaltet ist. Die Motoren arbeiten, wenn sie die normale Tourenzahl erreicht haben, im Synchronismus mit den Generatoren der Kraftstation und mit einer konstanten Geschwindigkeit, welche unabhängig von der Belastung ist. Bei einer Steigung von 25%, wenn die Lokomotive einen vollbelasteten Motorwagen befördern muss, braucht dieselbe im Durchschnitt 95—100 Ampère bei 750 Volt Betriebsspannung. Beim Thalfahren unter denselben Bedingungen liefert der Motor 60—65 Ampère in das Netz zurück, welche Stromerzeugung sich bis 75 Ampère im Maximum steigern kann.

Der Strom wird von der Oberleitung vermittelst zweier Kontaktbügel entnommen, welche aus zwei voneinander durch ein mit Paraffin getränktes Stück Holz isolierten Aluminiumteilen bestehen. Das Kontaktbügelsystem ist deshalb angewendet worden, um die Schwierigkeiten, welche sich bei der Ausbildung der Luftleitung mit zwei Fahrdrähten für Rollkontakt ergeben, zu umgehen. Die Bügel mussten aber für diesen Fall entsprechend ausgebildet werden.

Die in Fig. 41 gezeigte Lokomotive ist mit folgenden Bremsvorrichtungen versehen:

1. Gewöhnliche Bremsklötze, welche auf alle vier Räder einwirken.

2. Der Motor wirkt als Generator und der erzeugte Strom wird ins Netz zurückgeschickt.

3. Die Luftbremse, welche gleichzeitig durch zwei Kolben und Cylinder wirkt, von denen je einer durch die Motorwelle und durch

die Vorgelegewelle I, die sich zwischen den beiden Motorachsen befindet, bethätigt wird.

Diese unter 1. und 3. genannten Bremsen sind derartig mechanisch miteinander verbunden, dass der Bremsdruck auf beide Achsen gleichmässig verteilt ist.



Fig. 41.

Die Luftbremse kann entweder von Hand oder automatisch in Wirksamkeit gesetzt werden. Um ein sicheres Auslösen dieser Bremse zu erhalten, ist ein Geschwindigkeitsregulator angebracht, welcher die Bremse in Thätigkeit setzt, wenn die Geschwindigkeit die normale überschreitet. Überdies wird diese Bremse auch automatisch angezogen, wenn der Hauptschalter geöffnet ist.

Die mit zwei Motoren versehenen Lokomotiven sind ausser den Motor- und Wagenachsen mit zwei Zwischenwellen versehen, von denen die eine das in die Zahnstange eingreifende und lose auf seiner Welle sitzende Zahnrad trägt. Die Motorachsen tragen am

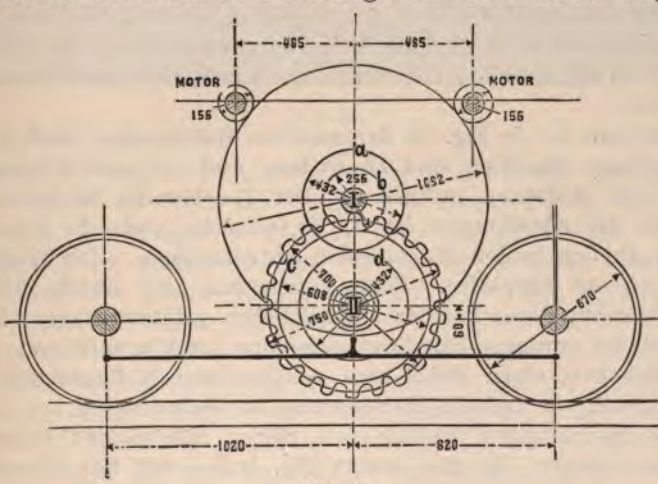


Fig. 42.

Ende je ein Zahnrad von 156 *mm* Teilkreisdurchmesser, die je in ein grosses Zahnrad mit 1092 *mm* Durchmesser eingreifen (siehe Fig. 42).

Dieses letztere Rad sitzt auf der Vorgelegewelle I, welche gleichzeitig zwei Zahnräder a mit je 432 *mm* Durchmesser und zwei Zahnräder b mit je 256 *mm* Durchmesser trägt. Bei geringer Geschwindigkeit, also auf Steigungen, wenn die Lokomotive als Zahnradlokomotive läuft, arbeiten die letzterwähnten Räder b auf zwei Zahnräder c mit 608 *mm* Durchmesser, welche sich auf beiden Seiten des in die Zahnstange eingreifenden Rades auf der Vorgelegewelle II freidrehend befinden. Die beiden ersterwähnten Räder a von 432 *mm* Durchmesser, die links und rechts der Räder b sitzen, sind mit je einer Reibungskuppelung versehen, welche bei Adhäsionsstrecken eingerückt werden und auf die Räder d mit ebenfalls 432 *mm* Durchmesser arbeiten, die sich auf der Vorgelegewelle II ungefähr in der Breite der Spur befinden. Die Übertragung auf die Laufachsen geschieht durch Pleuelstangen, welche von den Rädern d ausgehend, zwei auf die Laufachsen aufgekeilte Kurbelscheiben in Bewegung setzen und dadurch die Fortbewegung der Lokomotive vermittelst Adhäsion mit einer Geschwindigkeit von rund 11,4 *km*-Std. bewirkt.

Das in die Zahnstange eingreifende Rad ist also stets mit dem Motor mechanisch gekuppelt, während die beiden Räder a nur auf Adhäsionsstrecken vermittelst der Reibungskuppelung eingerückt werden. Die Übersetzung auf langsamen Gang ist rund 15 : 1.

Ein von Hand zu bethätigender Regulierschalter verbindet die Kohlenkontakte auf den Schleifringen mit den verschiedenen Widerstandsabteilungen, die der jeweiligen Anlassperiode entsprechen. Alle Kontrollapparate sind im Lokomotivwagenkasten untergebracht, welcher an allen Seiten mit Fenstern, sowie mit zwei Thüren versehen ist.

Die Zahl der in Fig. 43 dargestellten Motorwagen beträgt gegenwärtig fünf; dieselben sind 14 *m* lang und auf zwei Drehgestellen mit 1,8 *m* Radstand aufgebaut. Der Truckstand beträgt 8,30 *m*. Die Zahl der Abteilungen ist 6, zu welchen noch die Räume für Gepäck an den beiden Wagenenden hinzukommen. Die Wagen enthalten 44—48 Sitzplätze. Beide Plattformen sind durch Glaswände abgeschlossen, deren Fenster nach Belieben geöffnet werden können.

Auf der vorderen Plattform steht nur der Wagenführer, welcher einen Schalter, einen Hebel zum Schalten des Widerstandes in den Ankerstromkreis und die Handbremse zu bedienen hat.

Die zwei Motoren werden von beiden Achsen des einen Drehgestelles getragen, sie sind sechspolig, laufen mit 480 Minuten-Umdrehungen und treiben die Radachsen durch Zahnradübertragung an.

Die eine Achse des freien Drehgestelles ist mit einem Zahnrad versehen, welches in die Zahnstange eingreifen kann. Vermittelst

einer Luftbremse kann dieses Zahnrad gebremst werden und erfolgt die Bethätigung von der hinteren Plattform des Wagens aus. Der Wirkungsgrad der Motoren bei voller Belastung ist 80 %, einschliesslich der Zahnradübertragung.

Der Regulierwiderstand, welcher in den Ankerstromkreis des Motors eingeschaltet wird, ist auf dem Wagendach angebracht und in ein wasserdichtes Gehäuse eingeschlossen.

Die Motorwagen besitzen genügend Zugkraft, um auf der Adhäsionsstrecke einen Anhängewagen von 10 *t*, also zusammen 26 *t* Zuggewicht, ziehen zu können. Bei Obermatt läuft zunächst der Motorwagen ca. 20 *m* auf der Zahnradstrecke weiter, worauf die Lokomotive



Fig. 43.

ihm nachfährt und ihn samt Anhänger ungekuppelt die Steigung nur vermittelst der Kraft der Lokomotive hinaufschiebt. Die Zahnstrecke hat eine Länge von 1540 *m* und endet bei Gherst.

Wenn diese Station erreicht worden ist, schaltet der Motorwagenführer den Strom wieder ein und fährt mit eigener Kraft weiter, wobei demnach ein Loskuppeln der Motorwagen von der Lokomotive nicht nötig ist. Die Lokomotive bleibt in Gherst, um einen zurückkehrenden Wagen zu erwarten. Um die Aufeinanderfolge zweier Züge zu gestatten, sind Seitengleise angebracht, auf welche die Lokomotiven gefahren werden. Bei der Thalfahrt fährt der Motorwagen so weit an die Zahnradstrecke heran, dass das Zahnrad der Luftbremse in die Zahnstange eingreift. Die Lokomotive wird an den Wagen gekuppelt und die Thalfahrt beginnt. Nach der Ankunft in Obermatt wird die Lokomotive losgekuppelt und auf das

Seitengleis gefahren, worauf der Motorwagen unabhängig von der Lokomotive mit eigener Kraft nach einem Aufenthalt von zwei Minuten,



Fig. 44.

welcher zum Loskuppeln der Lokomotive dient, seinen Weg fortsetzt. Fig. 44 zeigt den in der Thalfahrt begriffenen Zug.

IX.

Tiefbahnen.

Unter Tiefbahnen sind alle diejenigen Bahnen zu verstehen, welche unterhalb der Erdoberfläche laufen. Es haben sich hierin zwei Formen ausgebildet, welche ihre Unterscheidung in der Tieflage finden. Diese beiden Abarten können bezeichnet werden mit:

1. Unterpflasterbahnen und
2. Untergrundbahnen.

Bei allen Tiefbahnen zeigt sich der elektrische Betrieb dem bisher angewandten Dampfbetrieb weit überlegen, weil er gänzlich jede Rauch- und Dampfentwickelung vermeidet. Man ist daher auch bereits dazu übergegangen, vorhandene Dampftiefbahnen in elektrischen Betrieb umzuwandeln. Als hierher gehörig kann man auch die Tunnelbahn der Baltimore-Ohio-Eisenbahn betrachten. Hier wird kurz vor einer der Stationen ein langer Berg mittels Tunnel befahren und hat man sich besonders die Vorzüge des elektrischen Betriebes zu nutze gemacht. Vor den mit Dampflokomotive ankommenden Zug spannt man eine elektrische Lokomotive, wie dieselbe im Kapitel XII näher erläutert ist, und schleppt mit dieser den ganzen Zug durch den Berg. Bei der im Zuge befindlichen Dampflokomotive werden die Feuerthüren geschlossen, die Cylinderhähne geöffnet und das Dampfventil abgesperrt, um zu verhindern, dass der schwer zu lüftende Tunnel verunreinigt wird.

1. Unterpflasterbahnen.

Als eine Kombination zwischen Unterpflasterbahn und gewöhnlicher Niveaubahn kann man ein von B. H. Thwaite und George Cawley angegebenes kombiniertes System, wie dies Fig. 45 zeigt, betrachten. Es ist charakterisiert durch die Anwendung eines unter dem Pflaster laufenden kleinen Motorwagens, welcher den über dem Pflaster laufenden leichten Personenwagen mittels geeigneter Verbindungsstücke treibt. Es ist gewissermassen eine elektrische Kabelbahn, bei welcher das Kabel ersetzt wird durch die Stromleitung und der Kabelgreifer durch den Kanal-Motorwagen. Das System kann bestehenden Pferdebahnwagen leicht angepasst werden

und ermöglicht die Benutzung vorhandener Wagen, ohne dass diese einer wesentlichen Änderung unterworfen werden müssten. Der zwischen den Schienen liegende Kanal muss fest ausgemauert werden, um einmal den Fahrschienen genügendes Fundament zu bieten und zweitens die Wasserführung zu bewirken. Die Schaltvorrichtungen für diesen Motor befinden sich natürlich in dem oberirdisch laufenden Wagen.

Über die Bauart der unter dem Pflaster liegenden Anlage sei das Folgende erwähnt:

Ein im Boden und an den Seitenwänden aus Ziegeln oder auch ganz aus Eisen bezw. Stahl konstruierter, 838 und 762 *mm* hoher und zwischen den Schienen liegender Fahrweg dient für die

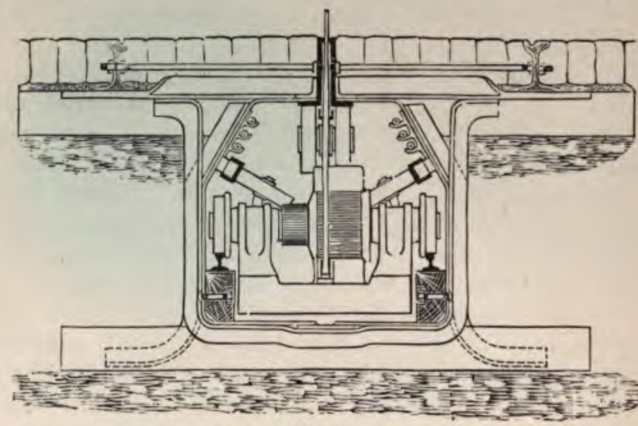


Fig. 45.

elektrische Lokomotive. In Strecken von 100—150 *m* sind Einsteigschächte angebracht, durch welche ein Arbeiter in den Kanal einsteigen kann, wenn etwaige Ausbesserungen oder Besichtigungen vorzunehmen sind. Gleichzeitig werden an diesen Stellen auch Schlammsäcke angebracht, in denen sich der eingedrungene Schmutz und das Wasser sammeln kann.

Die Decke des Kanals ist von einem Schlitz durchbrochen, welcher 16 *mm* breit ist und durch welchen die 14,3 *mm* starke eiserne Verbindungsplatte führt. In der letzteren sind die elektrischen Zuleitungen nach den oben liegenden Schaltapparaten als flache Kupferstreifen eingebettet. Die Winkeleisen, welche die Wände des Schlitzes bilden, sind zur Versteifung durch Bolzen mit den Fahrschienen verbunden.

Rechts und links im Kanal liegen auf dem Boden hölzerne Längsschwellen, welche durch Verschraubungen mit den Seitenwänden

verbunden sind. Auf ihnen sind die Laufschienen für die Lokomotive montiert. An dem schrägen Dach des Kanals sind Rinnen für die zuleitenden Kabel befestigt, und unter diesen liegen die ebenfalls am Dach angebrachten blanken Zuleitungsschienen, welche durch Porzellan-Isolatoren isoliert sind. Die leitende Verbindung mit der Lokomotive wird durch Zuleitungsrollen oder passende Gleitkontakte bewirkt, welche sich am Ende der schräg stehenden Kontaktarme befinden.

Ein weiteres, mit der Lokomotive verbundenes Räderpaar drückt gegen die Winkeleisen, welche die Wände des Schlitzes bilden. Dasselbe sitzt an den Enden eines Hebels, durch welchen die Räder an ihre Schienen angedrückt werden können. Dadurch kann die Zugkraft der Lokomotive beim Anfahren und in Steigungen infolge der verstärkten Reibung vermehrt werden (vorausgesetzt, dass die Räder einen Antrieb vom Motor erhalten).

Die Triebräder der Lokomotive können vergleichsweise klein sein und dies ergiebt den Vorteil, dass sie mit der Ankerwelle unmittelbar verbunden werden können, was für die Lokomotive vorteilhaft ist.

Auf der Lokomotive sind zwei Motoren von je 8 PS angeordnet, welche für die rasche Fortbewegung eines Wagens mit 44 Fahrgästen genügen.

Was die für das System anzunehmenden Anlagekosten anbetrifft, so berechnen die Erfinder dieselben mit 150000 *M* für 1 *km*.

Die Betriebskosten sollen beim Thwaite-Cawley-System wegen der geringen Ausbesserungsausgaben besonders günstig sein.

Ausser diesem Vorteile geben die Erfinder noch weitere Vorzüge ihres Systems, und zwar:

1. Der Kanal ist weit genug, um ein Durchkriechen und also die genaue Besichtigung und etwaige Ausbesserungen zu gestatten.

2. Der Kanal kann von Schmutz, Staub und Wasser frei gehalten werden.

3. Die Laufschienen der Lokomotive liegen verdeckt, bleiben also von Schnee und Eis frei.

4. Wenn der Kanal einmal gebaut ist, stört er den Strassenverkehr nicht mehr, da die Reparaturen kein Aufreissen des Pflasters erfordern.

5. Auf Bahnen nach diesem System können gewöhnliche Strassenbahnwagen verwendet werden.

6. Die Motoren laufen mit unmittelbarem Antrieb und mit relativ grosser Geschwindigkeit.

7. Alle Funkenbildungen auf den Strassenschienen sind vermieden.

8. Jede Gefahr für den Strassenverkehr, die aus dem Kontakt mit der Hochspannungsleitung entsteht, ist beseitigt.

9. Längs der Linie brauchen keine Leitungsträger aufgestellt zu werden; das Strassenbild wird nicht verändert.

10. Die Pferdebahnschienen brauchen nicht gegen stärkere ausgewechselt zu werden.

11. Auf Vorortlinien können elektrischer und Pferdebetrieb nebeneinander bestehen.

12. Die Belastung der Triebräder der Lokomotive ist proportional der verlangten Zugleistung.

13. Die elektrischen Leitungen sind von der Erde isoliert und es ist somit dem Entstehen vagabondierender Ströme vorgebeugt.

14. Das System gewährt die kleinsten Ausbesserungs- und Schaltungskosten und wegen der langen Lebensdauer der Anlage auch kleine Amortisationsquoten.

Man kann über den Wert oder Unwert dieser Konstruktion im Zweifel sein, da praktische Ausführungen der Idee noch nicht zu verzeichnen sind.

Wir wenden uns demnach zu den reinen Unterpflasterbahnen.

Die leichte Zugänglichkeit zu einer Unterpflasterbahn ist gegenüber einer Hochbahn und einer Tiefbahn ein Vorzug, welcher für die Anlage solcher Bahnen mitbestimmend werden kann.

Bauschwierigkeiten stellten sich bei Unterpflasterbahnen nur ein, wenn Haupt- oder Nebenkanäle u. dergl. zu durchkreuzen sind, was entsprechend der Tieflage beiderseitiger Anlagen häufiger vorkommt, als bei Untergrundbahnen.

Der Typus ausgeführter Unterpflasterbahnen ist durch die von der Firma Siemens & Halske in Budapest erbaute Tiefbahn gekennzeichnet. Zu Ehren des regierenden ungarischen Königs wurde diese Bahn »Franz Josefs Elektrische Untergrundbahn« genannt. Sie ist die erste Untergrund-Stadtbahn des Festlandes. Ihr Bau wurde am 13. August 1894 in Angriff genommen und derart beschleunigt, dass die Bahn bereits am 2. Mai 1896 dem Betrieb übergeben werden konnte.

In Fig. 46 ist die Herstellung der Tunneldecke, welche zugleich das Pflaster trägt ersichtlich.

Der Querschnitt des Tunnels ist zweiteilig. Zwischen den beiden Gleisen steht eine Säulenreihe. Dementsprechend besteht die Sohle des Tunnels aus zwei nebeneinander sich erstreckenden Sohlengewölben mit dazwischenliegendem, durchlaufendem Unterbau für die Säulenreihe. Die beiden senkrechten Seitenwände sind je 1 *m* stark und in ihrem oberen Teile allmählich bis auf 0,65 *m* abgeschwächt. Die Decke ist wagerecht aus Walzeisen und zwischen



Schiemann, Bahnen.



Leipzig, Oskar Leiner.

eingespannten Kappen hergestellt. Fig. 47 zeigt das aus I-Trägern gebildete Rahmenwerk, zwischen welchem die Betonkappen gewölbt wurden. Der Tunnel hat eine lichte Weite von nur 6 *m* und eine lichte Höhe von nur 2,75 *m*. Die Sohle und die Seitenwände des Tunnels sind ausschliesslich in Beton ausgeführt.

Die Decke besteht aus eisernen Walzträgern von 300, 320 und 350 *mm* Höhe und dazwischen betonierten Kappen von 1 *m* Spannweite. Die in 1 *m* Abstand verlegten Querträger lagern mit ihren Enden auf den betonierten Seitenmauern und in der Mitte auf Doppel-



Fig. 46.

längsträgern von 320 und 350 *mm* Höhe, welch' letztere von den schmiedeeisernen Säulen in Abständen von 3 und 4 *m* unterstützt wurden.

Um die Eisenteile der Tunneldecke gegen etwa eindringende Feuchtigkeit zu schützen, wurde die Decke des Tunnels mit Asphaltfilzplatten abgedeckt, wie solche zuerst in grösserem Massstabe bei Erbauung der Berliner Stadt-Eisenbahn Anwendung fanden.

Die Konstruktion der Wagen musste sich selbstverständlich ganz nach den Abmessungen des Tunnels richten, brauchte aber nicht, wie bei Untergrundbahnen mit rundem Tunnelquerschnitt, von der allgemein gebräuchlichen Wagenform abzuweichen. Der rechteckige Tunnelquerschnitt wurde für das Wagenprofil möglichst ausgenutzt;

den Wagenkasten hängte man mittels entsprechend gekröpfter Längsträger zwischen den an beiden Enden des Wagens befindlichen Drehgestellen auf und gewann, indem man den Fussboden des Wagenkastens 15 *cm* über die Oberkante des Bahnsteiges legte, für die lichte Höhe des Wagenkastens das Mass von 2,085 *m*, d. h. ein grösseres Mass als bei den gebräuchlichen Strassenbahnwagen. Jeder Wagen hat 32 Sitzplätze in dem mittleren Raume. Die beiden Abteilungen über den Drehgestellen sind von dem Mittelraum vollständig abgeschlossen und dienen zur Unterbringung des Wagenführers und der Betriebsapparate. In Fig. 48 ist der Wagen dargestellt und zeigt zugleich die oberirdische Streckeninstallation ausserhalb des Bahntunnels.

Jeder Wagen besitzt zwei Motoren; bei einem Teil der Wagen sitzen diese bei normal 200 Minuten-Umdrehungen unmittelbar auf der Wagenachse, während bei einem anderen Teile die übliche Kettenübertragung angewendet ist. Aus Fig. 48 ist ersichtlich, dass die Wagen zwei bügelförmige Stromabnehmer tragen, welche sich federnd auf die gekröpften Längsträger stützen.

Die Wagen laufen mit einer grössten Geschwindigkeit von 28 *km*-Std.

Eine elektrische Einrichtung zur selbstthätigen Regelung der Fahrgeschwindigkeit kommt praktisch nicht zur Anwendung, weil diese Einstellung wegen der geringen Entfernung zwischen den Haltestellen sich als nicht zweckmässig erwiesen hat.

Für die Zuleitung des elektrischen Stromes sind an der Tunneldecke Fahrleitungen zur unmittelbaren Stromentnahme angebracht. Der Tunnel enthält ferner noch die Speiseleitungen und die Leitungen für die elektrische Beleuchtung und die Blockierung der Strecke.

Der Strom wird in der in der Gärtnergasse gelegenen Centrale der Budapester elektrischen Stadtbahn erzeugt. Von hier aus sind Zuleitungskabel bis an den Octogonplatz verlegt worden. Die Fahrleitungen entnehmen streckenweise den Strom aus besonderen Speiseleitungen, welche als blanke Kupferseile an der Tunneldecke isoliert aufgehängt sind. Auf der kurzen Bahnstrecke ausserhalb des Tunnels ist die oberirdische Stromzuleitung in bekannter Weise an Masten angebracht.

Die Betriebsspannung beträgt 300 Volt, weil die sämtlichen Budapester Strassenbahnen mit dieser Spannung betrieben werden. Die Kraftstation für die Untergrundbahn ist mit der der Strassenbahn gemeinschaftlich.

Die Wagen werden fast nur auf elektrischem Wege dadurch gebremst, dass man die Motoren als Generatoren arbeiten lässt; selbstverständlich ist ausserdem eine kräftige Handbremse vorhanden.



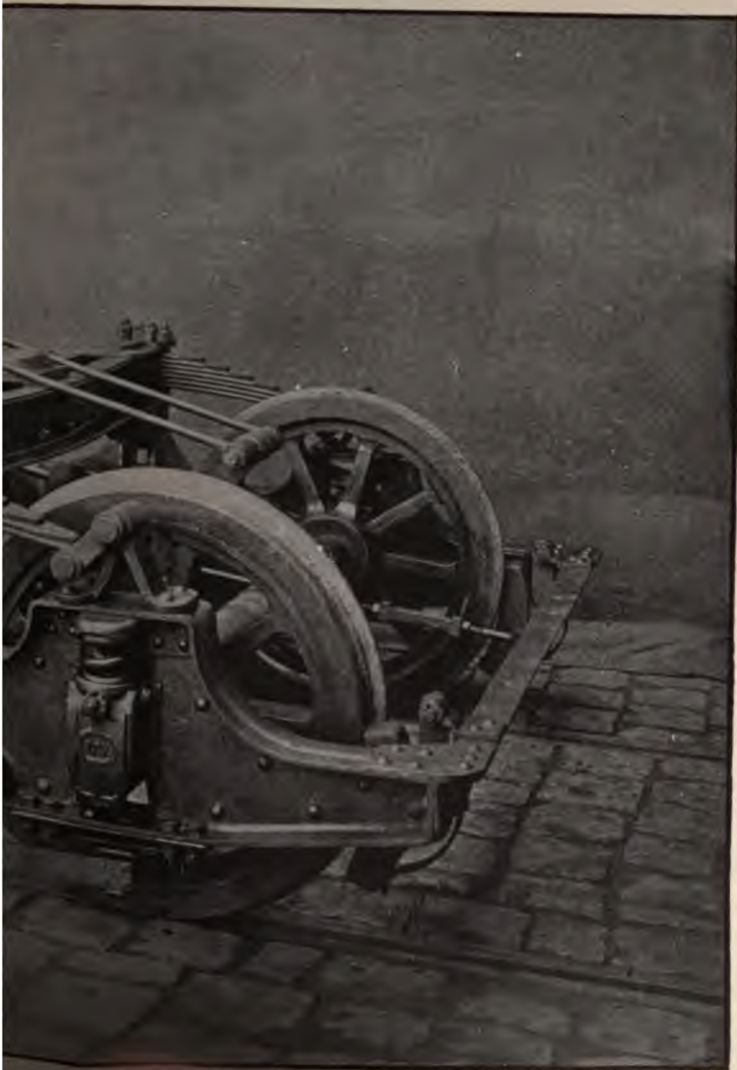
Schiemann, Bahnen.



Leipzig, Oskar Leiner.



Schiemann, Bahnen.



Leipzig, Oskar Leiner.

Das Gewicht der Wagen ist infolge des kräftigen Untergestelles, wie dasselbe in Fig. 49 dargestellt ist, im Verhältnis zum Fassungsraum sehr hoch; es beträgt im unbelasteten Zustande etwa 13 *t*, sodass der besetzte Wagen ungefähr 16 *t* wiegt. Die Wagen laufen wegen der Drehgestelle und der Überblattung der Schienenstösse ausserordentlich ruhig, wozu auch noch die günstige Trace wesentlich beiträgt. Die Beleuchtung durch elektrisches Glühlicht ist sehr reichlich; dagegen ist die Lüftung bei vollbesetztem Wagen etwas mangelhaft. Die Luft im Bahntunnel ist übrigens infolge der durch die Erweiterung an den Haltestellen bewirkten Lüftung gut und vollständig normal; sie unterscheidet sich also sehr vorteilhaft von der feuchten Luft in den Tunneln der Untergrundbahnen. Zu diesem Vorzug trägt namentlich auch die gute Isolierung des Tunnels gegen Grundwasser bei, infolge deren die Schotterbankette der Bahngleise vollständig trocken sind und zur Vermeidung von Staub mitunter besprengt werden müssen.

Bezüglich des Stromverbrauches der Motorwagen sind interessante Versuche angestellt worden, welche bei einer grössten Fahrgeschwindigkeit von 28 *km*-Std. einen Verbrauch von etwa 800 Wattstunden für das geleistete Wagenkilometer ergaben. Bei einem Wagengewicht von 13 bezw. 16 *t* ist diese Zahl als recht günstig zu bezeichnen, sie hat ihren wesentlichen Grund in der Bahntrace und den vorteilhaften Betriebsbedingungen der Unterpflasterbahn.

Die Bahn folgt dem Zuge der Strassen und ist durchgehends zweigleisig und normalspurig angelegt. Sie hat nur an bestimmten Punkten Haltestellen, und zwar insgesamt deren 11, an welchen die Fahrgäste aufgenommen und abgesetzt werden, und trägt hiernach, weil ihr Bahnkörper vom Strassenkörper abgesondert, also ihr Verkehr vom Strassenverkehr unabhängig ist, das Gepräge einer Stadtbahn im eigentlichen Sinne des Wortes.

Die 3700 *m* lange Bahn beginnt in der inneren Stadt unter der Redoutengasse am Giselaplatz in der Nähe des Donauufers und führt dann zwischen der Theresienstrasse und der Elisabethstadt unter der ganzen Andrássystrasse als Unterpflasterbahn bis zum Stadtwäldchen, steigt dort an die Oberfläche hinauf nach dem Tiergarten und endigt im Stadtwäldchen in der Nähe des artesischen Bades.

Die Haltestellen der Untergrundbahn sind wie die meisten Haltestellen der Stadtbahnen in London und New-York derart angeordnet, dass beiderseits ausserhalb der Gleise je ein Bahnsteig angelegt wurde. Es sind nur 19—24 Stufen zwischen den Bahnsteigen der Haltestellen und den Bürgersteigen der Strassen erforderlich. Die Wände der Haltestellen sind mit weissen Majolikaplatten verkleidet.

Die Treppenhäuschen der Haltestellen sind besonders reich in Majolika und Pyrogranit ausgeführt. Die beiden Treppenöffnungen der Haltestelle »Oper« wurden überhaupt nicht überbaut, um die Ansicht des Opernhauses nicht zu verdecken.

In Fig. 50 ist die Ansicht des Kioskes und des Treppenhäuschens der Station »Franz Deakplatz« dargestellt.

Wenn gleichwohl die Anlagekosten der Bahn eine Höhe von 1700000 *M* für 1 *km* erreichen, so erklärt sich dies daraus, dass die Herstellung des Tunnels eine äusserst komplizierte war. Der Untergrund einer grossen Stadt ist derart unterminiert und von einem weitverzweigten Netze von Kanälen und Leitungen aller Art — Unratabzugs- und Sammelkanälen, Wasserleitung, Gasleitung, elektrischen Kabeln und Drähten u. s. w. — in den verschiedensten Tiefenlagen durchzogen, die alle in ihrer Kontinuität nicht unterbrochen und in ihrer Wirksamkeit nicht gestört werden dürfen, dass es wahrlich keines geringen Aufwandes von Kombination, Umständlichkeiten und Kosten bedarf, um in dieses Labyrinth unterirdischer Wege ein neues Glied einzufügen, ohne die bereits bestehenden zu beirren. Und noch dazu ein Glied, das einen so bedeutenden, die Dimension aller anderen so weit übertreffenden Querschnitt hat wie eine doppelgleisige normalspurige Bahn, und das der Natur seines Wesens nach an die möglichste Annäherung an die Gerade und Horizontale gebunden ist! Rechnet man noch Anforderungen hinzu, die behördlicherseits an die Solidität der Bauausführung und an den Schutz gegen störende Einflüsse gestellt wurden, sowie den grossen Umfang der für den Betrieb erforderlichen baulichen und maschinellen Einrichtungen, so wird man die Höhe der Anlagekosten erklärlich finden. Indes sind die Anlagekosten der Unterpflasterbahn immer noch erheblich geringer als bei den bekannten Untergrundbahnen, die das Dreifache betragen. Diese Vergleichsziffern werden zweifellos bei der Behandlung der Stadtbahnfrage in anderen Grossstädten eine wichtige Rolle spielen und zur Anlage von elektrischen Unterpflasterbahnen nach Budapester Muster führen, sobald die Möglichkeit gegeben ist, die Kanalisationsanlagen durch den Bahntunnel zu überführen und die Gas- und Wasserleitungen in die Tunneldecke zu verlegen.

Eingehende Baubeschreibungen der Franz Josefs-Bahn finden sich in der Z. d. V. d. Ing. 1896, Heft 52, von Kollmann, in der Österreichischen Zeitschrift für Eisenbahnen und Dampfschiffahrt von Wilczek, in der ETZ 1896, Heft 32, S. 494, und ETZ 1897, Heft 36, von Braun, Die Elektrizität 1896, Heft 5 und 16. Über Entwürfe amerikanischer Unterpflasterbahnen giebt Brückmann in der Z. d. V. d. Ing. 1895, Heft 43, S. 1280 ff., einige zeichnerische Darstellungen,



werden
ist eine
rn vor-
ebracht
Stöpsel-
gestellt
verlust
Tages-
ndern.
einem
0,5 m
Der
n die
thält,

ı, ist
ı der
nter-
vor-

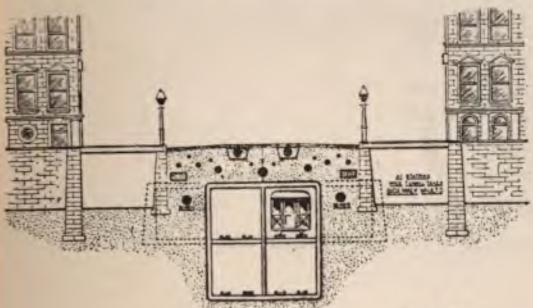
fen,
lers
die
ses
en.
or-
er-
ter
uf
n-
te
ıe
t
,
e

welche sich im wesentlichen an die Budapester Ausführungen anschliessen.

In Boston wurde kurz nach der Budapester Ausführung eine Unterpflasterbahn von 2,5 *km* Tunnellänge gebaut. (Vergl. Z. d. V. d. Ing. 1895, Heft 43, S. 1283.)

2. Untergrundbahnen.

Obgleich die Anlage von Untergrundbahnen, d. h. solchen Bahnen, welche unterhalb desjenigen Erdreiches liegen, das von den Stadtverwaltungen und den Grundbesitzern zum Legen von Rohren, Kanälen, Kabeln und zum Graben von Fundamenten, Brunnen, Schächten u. s. w. benutzt wird, äusserst kostspielig ist, hat man sich doch, z. B. in London, sehr frühzeitig damit befassen müssen, in grösseren Tiefen solche Bahnen anzulegen. Ein schematisches Bild solcher Bahnen ist in den Fig. 51 und 52 zur Anschauung gebracht. Hier sind zur Bewältigung des Zugverkehres vier Gleise angeordnet, welche den verschiedenen Linien



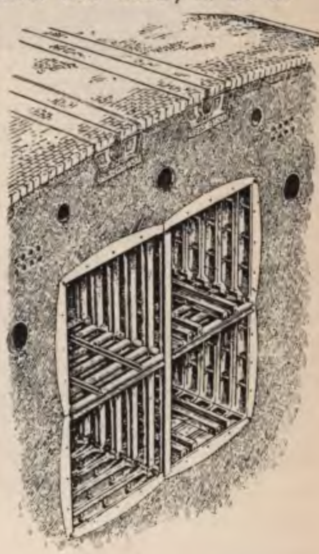


Fig. 51.

dienen. Älteren Datums ist die City and South London Railway[1]) und einige amerikanische Anlagen. Als Nachteil gegenüber der Unterpflasterbahn muss hier gelten, dass bei grösseren Tiefen der Zu- und Abgang der Fahrgäste beschwerlich ist. Hierzu kommt, dass eine längere Fahrt unter der Erde nicht zu den Annehmlichkeiten gehört, da es bei solchen Anlagen nicht wie bei der Unterpflasterbahn möglich ist, wenigstens stellenweise Tageslicht für die Fahrgäste zu schaffen. Es erscheint auch nicht unbestreitbar,

[1]) Siehe ETZ 1896, Heft 32, S. 492, und auch Troske, Die Londoner Untergrundbahnen, 1892.

wem der von den unterirdischen Bahnen benutzte Boden in der Tiefe gehört. Bisher hatte z. B. der Grundstücksbesitzer das unbestrittene Recht, auf seinem Grundstücke Brunnen anlegen zu dürfen, was ihm durch die unterliegende Bahn mindestens beschränkt wird. Man wird bei einer Untergrundbahn nicht immer den Strassenzügen folgen, sondern auch Privatgrundstücke unterfahren, wobei die rechtlichen Verhältnisse in Frage kommen können.

Die neueste Untergrundbahn ist die im Juli 1898 eröffnete 2,4 *km* lange Waterloo - City - Untergrundbahn in London.[1]) Die Bahn unterfährt die Themse in zwei gesonderten Tunnels und benutzt des weiteren hauptsächlich die grösseren Strassenzüge, sodass kein Grund und Boden angekauft werden brauchte. Zum Betriebe dient

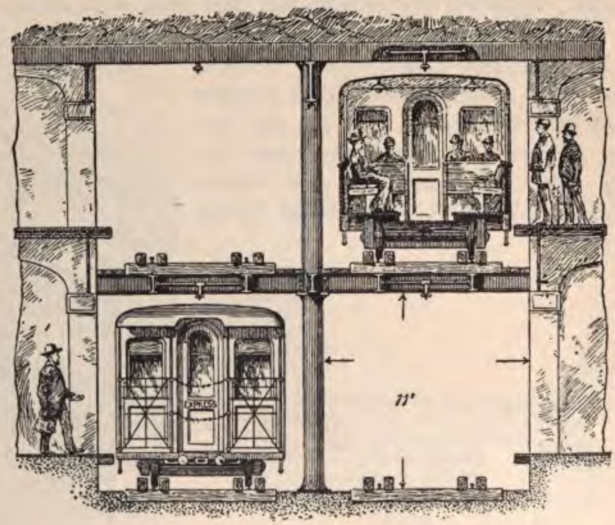


Fig. 52.

Gleichstrom nach dem Dreileitersystem. Der Fahrdraht des einen Tunnels liegt an dem positiven, der des anderen an dem negativen Aussenleiterpol und das Gleis bildet den Mittelleiter.

Die Stromzuführung erfolgt mittels einer Stromschiene, die in der Mitte des Gleises liegt. Die Stossstellen in dem Fahrgleise sind mittels Kontaktbügel überbrückt, dagegen ist keine besondere Erdverbindung vorhanden. Die Spannung zwischen den Aussenleitern ist 1000 Volt. Nur die beiden Wagen an den Enden des Zuges sind mit Motoren ausgerüstet. Diese sind durch Leitungen, welche durch den ganzen Zug verlaufen, mit Kontrollern an den beiden Zugenden

[1]) Vergl. auch ETZ 1896, Heft 32, S. 493.

verbunden, sodass der Zug von jedem Ende aus beherrscht werden kann. Da Serien-Parallelschalter verwendet werden, so ist eine grössere Anzahl von Leitungen zwischen beiden Kontrollern vorhanden; diese Leitungen sind an der Decke der Wagen angebracht und werden zwischen je zwei Wagen mit Hilfe von besonderen Stöpselschaltern verbunden, sodass sämtliche Kontakte schnell hergestellt werden können, wodurch es möglich wird, ohne grossen Zeitverlust die Zahl der Wagen in einem Zuge zu den verschiedensten Tageszeiten in Übereinstimmung mit dem Umfang des Verkehrs zu ändern. Die Wagen sind amerikanischer Bauart und Ausführung mit einem Längsgang durch den ganzen Wagen; die Länge beträgt etwa 10,5 *m* und die Breite 2,75 *m*. Jeder Wagen fasst 54 Fahrgäste. Der Wagenkasten ruht auf zwei Untergestellen, sodass die Wagen die engen Krümmungen überwinden können, welche der Tunnel enthält, indem er dem Strassenzuge folgt.

Beim Bau der Wagen, welche ausserordentlich ruhig laufen, ist Stahl in grösserem Umfange verwendet worden. Die Armaturen der Elektromotoren sind direkt auf den Achsen der betreffenden Untergestelle montiert, von denen an jedem Ende des Zuges je eins vorhanden ist.

Die Anordnung der Serien-Parallelschalter ist derart getroffen, dass die Stromunterbrechung nie an den Kontakten des Kontrollers stattfindet, sondern in einem Zusatzunterbrecher, welcher durch die Bewegung der Kontrollerkurbel beeinflusst wird. Die Kontakte dieses letzteren Ausschalters können nach Bedarf leicht erneuert werden. Ausserdem ist ein besonderer selbstthätiger Maximalausschalter vorgesehen, welcher im Falle eines Unglücks den Hauptstromkreis unterbrechen soll; ein Nebenschlusselektromagnet an diesem Ausschalter hindert den Führer, weiter zu fahren, wenn das Fahrsignal auf »Halt« steht, und zwar geschieht dies mittels einer kurzen Stromschiene, gegen welche eine an der Lokomotive sitzende Kontaktbürste schleift, wenn der Zug die betreffende Stelle passiert. Diese Schiene ist geerdet, so lange das Fahrsignal auf »Halt« steht. Stellt jetzt der Führer die Kontrollerkurbel in irgend eine der Fahrtstellungen, so liegt der vorerwähnte Elektromagnet über der Bürste und Schiene im Nebenschluss zu dem Motor und unterbricht dann den Hauptstrom, sodass der Zug zum Stehen kommt.

Die ihrer Vollendung entgegengehende 9114 *m* lange Central-London-Untergrundbahn folgt als Type derartiger Bahnen in Wort und Bild, da sie zur Zeit die interessanteste Tiefbahn Europas ist, in welcher die sämtlichen Erfahrungen dies- und jenseitiger Untergrundbahnen zusammengetragen und zweckentsprechend verwertet sind.

In ihrer Verkehrslage, Fig. 53, ähnelt sie der New-Yorker Stadtbahn, welche durch die Broadway- und Columbus-Avenue geht.

Ein für die Londoner Bahn charakteristischer Querschnitt ist in Fig. 54 gegeben.



FIG. 2.— PLAN DER CENTRAL-LONDON UNTERGRUND-BAHN.

Fig. 53.

32 Lokomotiven werden den regelmässigen Verkehr übernehmen. Jede soll einen Zug von sieben Wagen ziehen, und jeder Zug fasst

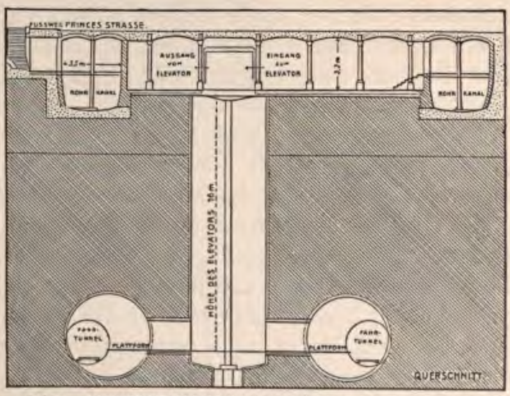


FIG 1.— QUERSCHNITT DER STATION GEGENÜBER DER BANK VON ENGLAND.

Fig. 54.

336 Fahrgäste. Das Gewicht des Zuges mit voller Besetzung, die Lokomotive ausgeschlossen, ist 105 *t*. Die durchschnittliche Geschwindigkeit des Zuges wird mit 22,5 *km* in der Stunde angenommen, einschliesslich 20-sekundlicher Aufenthalte auf jeder Station.

Es folgt daraus eine höchste Geschwindigkeit von 48 *km* in der Stunde. Zunächst wird ein $2^1/_2$ Minutenbetrieb eingerichtet, doch wenn der Verkehr sich stark entwickeln sollte, soll später zum 2 Minutenbetrieb übergegangen werden. Diese Möglichkeit ist von vornherein in dem Projekt berücksichtigt worden.

Der Zug durchläuft den Tunnel nicht wie gewöhnlich auf ebener Strecke, sondern mit einer Anzahl Steigungen und Gefälle zwischen den Stationen, in der Art, dass die Schwerkraft dem Zug beim Verlassen der Station eine Beschleunigung erteilt und bei der Ankunft auf der nächsten als Bremskraft wirkt. Durch diese Anordnungen soll erreicht werden, dass der Kraftbedarf über 33 % geringer ist, als auf einer ebenen Strecke.

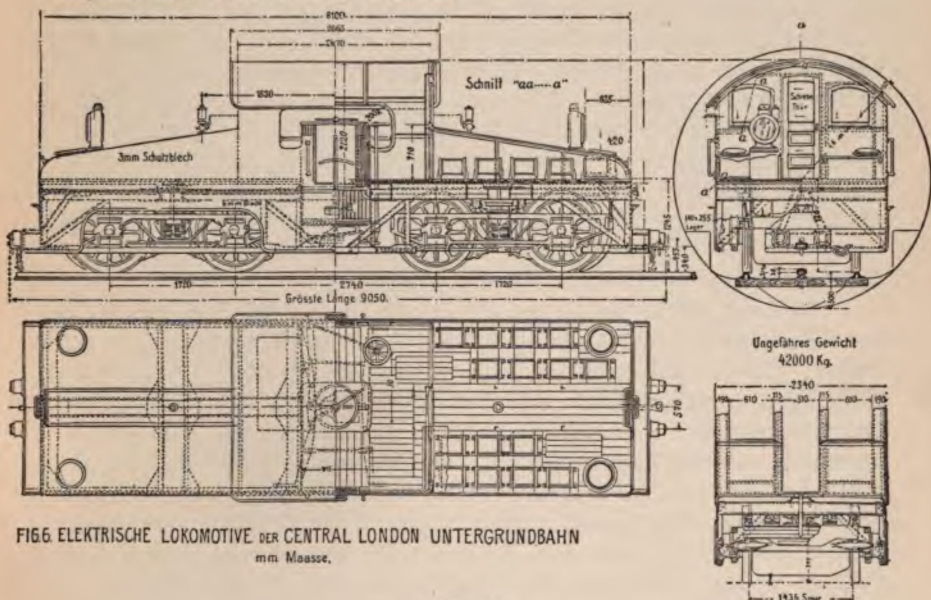


Fig. 55.

Die für das Anfahren notwendige Arbeitsleistung ist daher denkbar günstig und die Lokomotiven können voll ausgenutzt werden. Dieser Umstand begründet einigermassen die Anwendung von Lokomotiven gegenüber sonst üblicher Motorwagen. In der Fig. 55 sind Ansicht, Grundriss und Seitenansichten dieser Lokomotiven dargestellt.

Die Haupt-Abmessungen sind die folgenden:

Entfernung zwischen den Radmitten jedes Drehgestelles: 1,73 *m* und 1,83 *m*.

Zahl der Triebräder: 8.

Durchmesser der Räder 1,067 *m*.
Entfernung zwischen den zwei Drehgestellen: 4,47 *m* und 4,27 m.
Ganzer Radstand: 6,2 *m* und 6,1 *m*.
Ganze Länge der Lokomotive: 8,9 *m* und 8,53 *m*.
Ganze Höhe der Lokomotive: 2,86 *m* und 2,96 *m*.
Raddruck: rund 5 *t*.
Gewicht der Lokomotive: rund 42 *t*.
Maximale Zugkraft beim Anfahren: 6350 *kg*.
Zugkraft bei 35 *km* Geschwindigkeit in der Stunde: 3630 *kg*.
Gewicht jedes vollständigen Motorgestelles: 2940 *kg*.
Gewicht der vollständigen Ausrüstung mit Schutzmantel und Führer: 1130 *kg*.
Gesamtgewicht des Motors: 5450 *kg*.

Aus den Lokomotiv-Zeichnungen ist ersichtlich, wie gross die verschiedenen mechanischen Schwierigkeiten waren, welche überwunden werden mussten. Eine Lokomotive mit solch grosser Kraftentwickelung in die Raumgrenzen eines Tunnels von 3,5 *m* Durchmesser einzubauen, ist keine leichte Aufgabe, und der angenommene Entwurf ist das Resultat vereinigter Erfahrungen und Arbeiten der Herren H. F. Parshall von der British Thomson Houston Company, des Ingenieurs der Electric Traction Company Ltd. und der Ingenieure der General Electric Company.

Die Drehgestelle bestehen aus Flussstahl und werden durch die Achsbüchsen mittels Federn auf jeder Seite des Wagengestelles getragen. Die Achsbüchsen sind aus Bronze und laufen in Gussstahlführungen, welch' letztere mit dem Rahmen verbunden sind. Die Seitenrahmen und Kreuzteile sind fest zusammengenietet. Der Haupt-Lokomotivrahmen besteht ebenfalls aus Flussstahlträgern mit Längs- und Kreuzstreben. Die Federungen befinden sich darunter und sind mit dem Drehgestell durch Splint und Scheibe verbunden. Ausser den Stützen auf der Mitte der Drehgestelle ist der Hauptrahmen weiter durch seitliche Träger über den Federn gehalten.

Der Kasten ist auf den Hauptrahmen aufgebaut und besteht aus einem Rahmenwerk aus Winkeleisen mit 200 *mm* Schenkellänge und einem Eisenplattenbelag. Die Bauart des Kastens ist nach jedem Ende gegen die Puffer abgeschrägt, um dem Wagenführer unbeschränkte Übersicht von der Wagenmitte zu gestatten. Oberhalb der Motoren sind im Fussboden des Wagens Klappen vorgesehen. Die Radsterne sind aus Schmiedeeisen gefertigt. Nabe, Speichen und Reifen sind sämtlich sorgfältig aneinander gefügt und unter sich verschweisst. Die Radreifen sind warm aufgezogene Stahlringe und werden durch Schrumpfung in ihrer Lage festgehalten. Die Achsen bestehen aus weichem Schmiedestahl mit 150 *mm* Durchmesser

in der Mitte und 120 *mm* Durchmesser an den Schenkeln. Die Räder werden auf die Achsen mit hydraulischem Druck gepresst. Die Montage der Lokomotiven musste unterirdisch erfolgen.

Die Stromentnahme erfolgte von einer dritten Schiene vermittelst zweier Kontaktschuhe, von denen je einer an einem Ende des Hauptrahmens befestigt ist, derartig, dass der Stromlauf bei Kreuzungen u. s. w. nicht unterbrochen werden kann. Ein Spannungs- und ein Strommesser sind in jedem Wagen angebracht. Der Stromlauf wird durch einen kombinierten Ein- und Ausschalter und einen automatischen Stromunterbrecher geschlossen. Die Lokomotiven sind mit Sandstreuapparaten und den zur Bethätigung derselben nötigen Handgriffen versehen. Eine Pfeife ist zum Signalgeben vorgesehen und wird durch komprimierte Luft von einem Bremsluftbehälter betrieben.

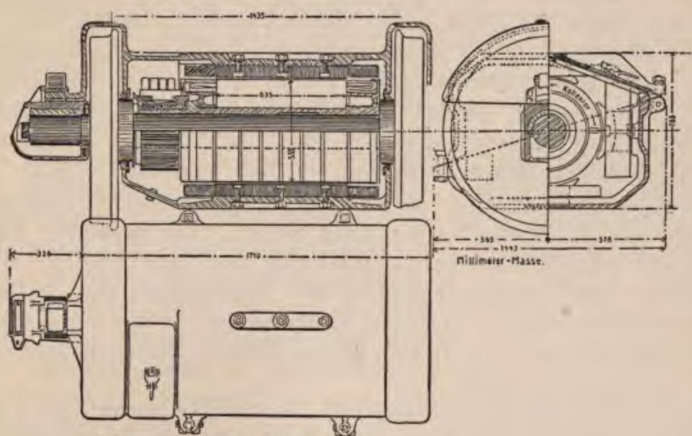


FIG. 7._ MOTOR DER CENTRAL LONDON BAHN.

Fig. 56.

Wenn die maximale Spannung 500 Volt beträgt, geben sämtliche Motoren zusammen mindestens 5000 *kg* am Umfang der Triebräder bei einer Geschwindigkeit von 43 *km* in der Stunde und mit einem Stromverbrauch von höchstens 123 Ampere. Die höchste Stromdichte in den Motoren überschreitet bei keiner Geschwindigkeit 2,33 Ampère für 1 *qmm*. Von der Isolation wird verlangt, dass dieselbe 5000 Volt Wechselstrom aushält. Die Motoren sind in Fig. 56 dargestellt.

Man erwartet, dass ein Wirkungsgrad der Lokomotive von 92—93 % erreicht und dass die Temperatursteigerung in den Windungen nicht grösser als 32° C. bei zweistündigem Lauf mit voller Beanspruchung sein wird.

Für die Schaltung der Lokomotiven wird ein Serien-Parallelschalter mit magnetischer Funkenlöschung benutzt. Derselbe kann je nach Bedarf

1. die vier Motoren in Serie,
2. zwei in Serie und zwei parallel, oder
3. alle vier parallel schalten.

Zur Bremsung der Züge dienen Westinghouse-Luftbremsen.

Aus einer vergleichenden Rechnung zwischen Dreileiter-Gleichstrom mit 600 bezw. 1200 Volt und einer $\frac{5000}{500}$ Dreiphasenstromleitung mit Transformierung des niedergespannten Drehstromes auf 500 Volt Gleichstrom ging das letztere System für die Stromfortleitung und Stromzuführung siegreich hervor.

Die Kraftstation ist bei Shepherd's Bush an dem äussersten westlichen Ende der Bahn. Bei Nottingham Hill, Davies Street und dem Postamt sind drei Transformatoren-Unterstationen vorgesehen, welche von den Speiseleitungen Strom von 5000 Volt erhalten. Durch feststehende Drehstrom-Transformatoren und rotierende Drehstrom-Gleichstrom-Umformer wird der dritten Schiene und den Laufschienen Gleichstrom von 500 Volt zugeführt. Eine vierte Unterstation bei Marble Arch ist für den Fall vorgesehen, dass sich ein 2 Minutenbetrieb nötig macht. Die gesamten Kupferkosten der Speise-Hochspannungsleitung sind nur 250000 ℳ und die Kosten der Verteilungsleitung mit Niederspannung, bestehend aus der dritten Schiene und den Laufschienen, sowie der Schienenverbindung und der Legung der dritten Schiene betragen 315000 ℳ, d. h. 35000 ℳ für 1 *km*.

Von der Kraftstation ausgehend, ist der durchschnittliche Spannungsverlust in dem ersten Abschnitt 0,9 %, in dem zweiten Abschnitt 1,8 % und in dem dritten Abschnitt 2,05 %. Der gesamte Spannungsabfall in allen Kabeln ist demnach nur 4,75 %.

Spannungskurven für die dritte Schiene und die Laufschienen zeigten, wie gut das Transformatoren-System sich zum Spannungsausgleich selbst für eine ausgedehnte Linie eignet. Der maximale Spannungsverlust in der dritten Schiene wird rund 3 Volt sein und in den Rückleitungsschienen nur rund 5 Volt betragen. Die Widerstandsverluste werden also sehr verringert und die Beleuchtung des Zuges ist infolgedessen eine sehr gleichmässige. Das letztere ist ein wesentlicher Vorzug vor einem Dreileitersystem mit demselben Kapitalaufwand.

Die Transformatoren-Unterstationen werden mit der Centralstation durch Kabel verbunden, welche in Tunnelkanälen verlegt sind. Diese Kabel sind durch Papier isoliert und mit Bleimänteln

versehen. Die Konstruktion der als Stromleiter dienenden dritten Schiene ist aus Kapitel XIV ersichtlich.

Die Laufschienen haben den in Fig. 57 dargestellten Querschnitt mit zwei Stegen und wiegen 50 *kg* für 1 *m*. Sie sind auf Längsschwellen gelagert. Die elektrischen Stossverbindungen sind durch zwei kreuzweise übereinandergreifende Verbinder hergestellt, ähnlich denjenigen der dritten Schiene, sowie durch »Brown's plastic«-Verbinder, welche unter den Stosslaschen angebracht werden. Die Laufschienen sind ausserdem jede 75 *m* mit Querverbindungen versehen. Die Verbindung der beiden Gleise untereinander geschieht überall dort, wo sich eine passende Gelegenheit bietet. Zur Spannungskontrolle auf den Linien sind Prüfdrähte vorgesehen worden.

Die vier Umformerstationen befinden sich in den Verlängerungen der Aufzugsschächte. Die ruhenden Transformatoren sind mit den Ventilatoren und den Hochspannungsschaltern in dem einen Raum aufgestellt, während die rotierenden Transformatoren, die Generatoren und die Schaltanlagen für die Speisung der Strecken in dem anderen Raum untergebracht sind. Die zwei anderen Hochspannungsleitungen werden am Schaltbrett durch einen dreipoligen Schnellunterbrecher zu gemeinsamen Sammelschienen geführt. Zwei Schalter derselben Type sind vorgesehen, um jede der zwei Gruppen der Transformatoren mit denselben Sammelschienen in Verbindung zu setzen.

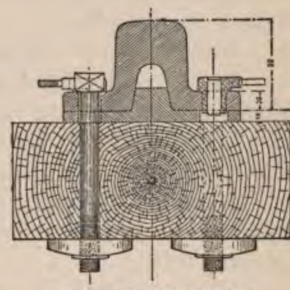


FIG. 14. SCHNITT DER LAUFSCHIENEN.

Fig 57.

Die Niederspannungs-Transformatoren sind für je 300 Kilowatt-Leistung mit Luftkühlung vorgesehen. Sie erhalten den Strom mit 5000 Volt Spannung und liefern denselben den rotierenden Umformern mit 500 Volt. Die zwei Kabelsätze werden in zwei Abteilungen quer durch den Tunnel zu den Sekundärschalttafeln und zu den Umformern geführt. Die Schaltung ist eine derartige, dass jeder Umformer mit jedem der beiden Kabelsätze in Verbindung gebracht werden kann. Bei Marble Arch und dem Postamt werden je zwei rotierende Umformer, bei Notting Hill und Davies Street jedoch nur ein solcher angewendet.

Auf die Schalttafelabteilungen, welche die Ausschalter mit Magnetunterbrechung tragen, sind noch Strommesser für die Transformatoren- und Umformer-Stromkreise montiert, sowie ein Spannungsmesser, welcher mit den Umformer-Sammelschienen verbunden ist; ferner ein weiterer Spannungsmesser, der die Potentialdifferenz in den Dreiphasenleitungen auf den Unterstationen anzeigt.

Die Sammelschienen sind durch vier Schalter mit vier getrennten Abteilungen der Strecken verbunden. Zwei Anlasswiderstände, vermittelst welcher man jeden rotierenden Umformer mit Gleichstrom anlassen und ihn in synchronen Lauf bringen kann, sind ferner noch vorgesehen. Diese Anordnung des Anlassens mit Gleichstrom ist darum gewählt worden, weil es grosse Schwierigkeiten bietet, die rotierenden Umformer mit Dreiphasenstrom anzulassen, da die Selbstinduktion die Spannung im Hauptnetz herunterdrücken würde.

Die rotierenden Umformer haben zwölf Pole, laufen mit 250 Umdrehungen und werden, wie schon erwähnt, imstande sein, jeder mit Dreiphasenstrom oder mit Gleichstrom anzulaufen.

Bei der Unterbringung der Unterstationen in unterirdischen Räumen wurde es nötig, Anordnung zur Entfernung der heissen Luft aus den Transformatorräumen zu treffen. Die heisse Luft wird durch Röhren ausgetrieben, welche nach der Mitte des Wendeltreppenhauses ausmünden.

Einige Betriebsresultate sind im folgenden gegeben:

Der Wirkungsgrad der Dampfmaschine bei voller Belastung mit Kondensation beträgt 92 %.

Wirkungsgrad der Dreiphasengeneratoren bei voller Belastung mit besonderer Erregung 95 %.

Durchschnittlicher Wirkungsgrad der Stromübertragung, einschliesslich der Verluste in den Unterstationen, bei voller Belastung 90 %.

Wirkungsgrad der Lokomotive bei voller Belastung 90 %.

Auf jeder Station sind elektrisch betriebene Aufzüge vorgesehen.

Die Central London Railway hat einen Vertrag für den Bau und Betrieb mit der Electric Traction Company Ltd. geschlossen. Diese Gesellschaft schien sich wegen ihrer reichen Erfahrungen ganz besonders für die Ausführung des genannten Projektes zu eignen und so wurde ihr der Bau für eine Summe von ungefähr 65 Millionen Mark übertragen. Mit dieser Summe werden die Baukosten der Gebäude, der unterirdischen Stationen, der Gleisanlage, des rollenden Materials, der Kraftstationen, des Verteilungsnetzes, der Aufzüge und alle anderen Ausrüstungen gedeckt.

Über die ältere elektrische Untergrundbahn in London (Metropolitan district Railway) liegen folgende Betriebsergebnisse vor:

Die 10 *t* schweren Lokomotiven haben einen Antriebsmotor von 50 PS auf jeder der beiden Achsen; bei der höchsten Nettogeschwindigkeit vom 50 *km*-Std. steigt jedoch die Leistung auf 119 PS, beim Anfahren sogar auf 140 PS. Im Jahre 1895 waren die Betriebskosten für:

1. Unterhaltung der ganzen Anlage .	9 200	ℳ
2. Zugkraft	114 400	»
3. Wagenunterhaltung	9 050	»
4. Sonstige Betriebskosten	113 200	»
5. Allgemeine Kosten	32 600	»
6. Abgaben, Steuern u. s. w.	14 400	»
insgesamt daher . .	292 850	ℳ

Die gesamten Anlagekosten betrugen rund 18 200 000 ℳ. Während des Jahres 1895 wurden 366 000 Zugkilometer gefahren, demnach kostete ein Zugkilometer rund 0,8 ℳ oder, wenn man die Zugförderungskosten (Summe 1—3) mit 132 650 ℳ rechnet, nur 0,36 ℳ. An die Stammaktien konnte ein Gewinn von 1,25 %, an die Vorzugsaktien von 5 % verteilt werden.

Betreffs elektrischer Untergrundbahnen in Berlin hat die städtische Verkehrsdeputation dem Magistrat über ihre Thätigkeit im Jahre 1897/98 einen Bericht erstattet. Darnach haben die Beratungen dahin geführt, dass die vorgeschlagenen Linien zum Gegenstande einer Ausschreibung gemacht werden sollen. Nachstehende Zusammenstellung giebt einen Überblick über die geplanten Linien und die ungefähren Kosten der Ausführung: Ringbahn im Anschluss an die Siemens'sche Hochbahn Potsdamer Platz — Stettiner Bahnhof — Warschauer Brücke (als Unterpflasterbahn 4650 *m*, als Hochbahn 5300 *m* und als Tunnel 500 *m*); Ost-West-Linie: Schöneberg — Potsdamer Platz — Schlesisches Thor 7900 *m* Unterpflasterbahn und 250 *m* Tunnel; Süd-Nord-Linie: Kaiser Friedrich-Platz — Potsdamer Platz — Chausseestrasse — Wedding 5000 *m* Unterpflasterbahn, ausserdem Mitbenutzung der Ringbahn vom Potsdamer Platz bis zum Oranienburger Thor und 250 *m* Tunnel. Diese drei Linien umfassen insgesamt 17 550 *m* Unterpflasterbahn. Die Kosten für das Kilometer betragen nach den Angaben von Siemens & Halske 2 100 000 ℳ, nach den Angaben der Untergrundbahn-Gesellschaft 3 100 000 ℳ, im Durchschnitt 2 600 000 ℳ. 5300 *m* Hochbahn kosten für das Kilometer nach Angaben von Siemens 1 370 000 ℳ, nach Angaben der Untergrundbahn-Gesellschaft ebensoviel. 1000 *m* Tunnelkosten betragen für das Kilometer 5 000 000 ℳ oder 5 500 000 ℳ, im Durchschnitt 5 250 000 ℳ; mithin kosten obige Strecken 17,6 *km* Unterpflasterbahn mit je 2 600 000 ℳ gleich 45 760 000 ℳ, 5,3 *km* Hochbahn mit je 1 370 000 ℳ gleich 7 161 000 ℳ und 1 *km* Tunnel 5 250 000 ℳ, insgesamt rund 60 Mill. ℳ. Der Magistrat ist den Vorschlägen der Verkehrsdeputation beigetreten und hat die Deputation mit den weiteren Vorbereitungen betraut. Die geplanten Anlagen sollen nach dem Muster der Franz Josefs-Unterpflasterbahn in Budapest ausgeführt werden.

X.

Hochbahnen.

Dasselbe was betreffs der Beschränkung des Grundeigentums für die Tiefbahnen gilt, kann man auch für die Hochbahnen geltend machen und käme auch für Schwebebahnen, welche über die Häuser hinweg geführt werden, in Frage. Für den Fahrgast bietet die Hochbahn jedenfalls ein angenehmeres Fahren, als die Tiefbahn, und erfreuen sich daher die Hochbahnen in den Städten einer grösseren Beliebtheit als die Tiefbahnen. Man wird auch betreffs der Kosten bemüht bleiben, lieber Hochbahnen anzulegen, wenn die Verhältnisse in den Strassen es irgend wie angängig erscheinen lassen. Von der Londoner City kann man dies z. B. nicht sagen.

Wohl als einer der ersten Anfänge elektrischer Hochbahnen kann der Siemens'sche Entwurf vom Jahre 1880 genannt werden, welcher in Fig. 58 dargestellt ist. Diese Planung war für Wien vorgesehen, nachdem ein ähnlicher Entwurf für Berlin herausgebracht wurde. In diesem letzteren indes sollte je eine Säulenreihe an jeder Fusssteigkante Aufstellung finden, und die Wagen, von noch geringer Breite, auf dem Säulensteg laufen. Das Projekt erschien indes zu damaliger Zeit allzu kühn, desgleichen ein weiteres, die Leipziger-Strasse in Berlin mit einem Eisenträgernetz überspannendes Hochbahndoppelgleis. Aus diesen Anfängen heraus entwickelten sich alsbald praktischere Formen, mit denen der Amerikaner schneller wie wir zur That schritt.

Wir können nach dem heutigen Stande der Hochbahntechnik das Gebiet der Hochbahnen einteilen in:

1. Gerüstbahnen.
2. Viaduktbahnen.
3. Schwebebahnen { a) einschienige, b) zweischienige.

Kombinationen der Viaduktbahnen mit den Tiefbahnen kommen gemäss den herrschenden Ortsverhältnissen vor.

1. Gerüstbahnen.

Eine eigenartige elektrische Bahn ist in der Nähe von Brighton am Meeresstrande ausgeführt worden.

Schon seit mehreren Jahren bestand daselbst eine elektrische Bahn, bei welcher die Stromzuführung durch eine Mittelschiene erfolgte; es machte sich aber das Bedürfnis geltend, dieselbe bis nach dem ca. 6 *km* von Brighton entfernten Vergnügungsorte Rottingdean zu verlängern. Indessen machte die direkte Weiter-

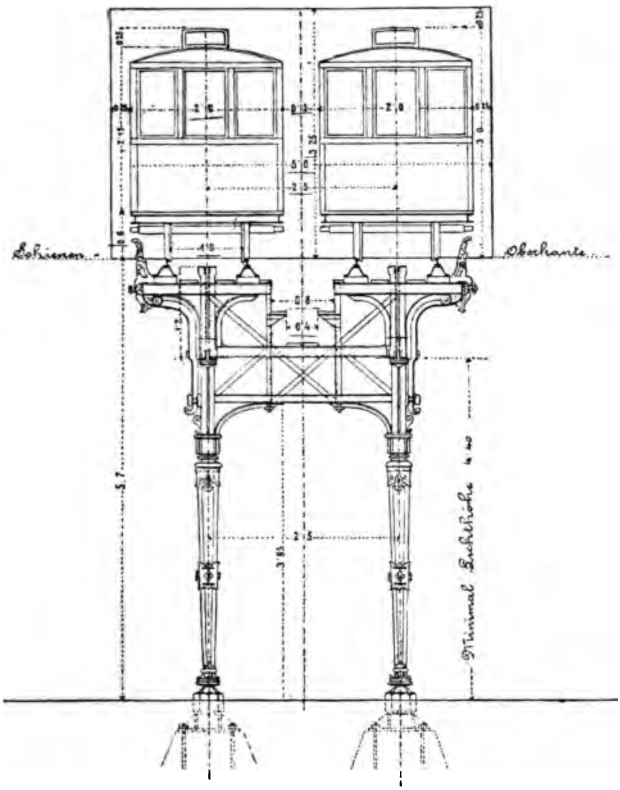


Fig. 58.

führung der Bahn insofern Schwierigkeiten, als der Strand zwischen Brighton und Rottingdean während des grössten Teiles des Tages überflutet ist, sodass bereits erwogen wurde, die Bahn über die Klippen hinweg fortzusetzen; man entschloss sich jedoch, die Bahn auf einem Teile des Strandes anzulegen, der zwar bei niedrigem Wasserstande vom Wasser nicht erreicht wird, aber doch ca. 5 *m* unter Hochflut liegt. Da der Betrieb der Bahn natürlich nicht vom Wasserstande abhängig gemacht werden durfte, so war eine ganz besondere Konstruktion des Oberbaues und des Wagens notwendig.

Der Wagen wird von vier Säulen getragen, an deren unteren Enden die Gestelle für die Räder sitzen, welche auf vier Schienen laufen. Wenn die Gleisanlage nicht unter Wasser steht, so bietet sie den Anblick einer gewöhnlichen doppelgleisigen Bahn. Die Entfernung zwischen den äusseren Schienen beträgt ca. 6 *m*. Die Schienen sind mittels Stahlklammern und Bolzen auf in Zwischenräumen von 4,5 *m* angebrachten Cementblöcken befestigt, und zwar gehen die Bolzen zunächst durch Eichenklötze hindurch, welche den Schienen zur direkten Unterlage dienen. Die Cementblöcke ragen weit heraus, um gegen Versandung gesichert zu sein.

Der Wagen ist mit 16 Rädern versehen in der Weise, dass jede denselben tragende Säule auf einem vierrädrigen Wagen ruht, der auf einem Schienenpaare läuft. Diese Rädergestelle besitzen die Form eines doppelendigen Bootes, um das Durchschneiden des Wassers zu erleichtern und etwa in den Weg tretende Hindernisse besser zu beseitigen. Die vier Gestelle werden durch einen Rahmen aus Stahlrohr fest zusammengehalten. Der Räderabstand auf einer Seite beträgt ungefähr 8,5 *m*, wodurch in Verbindung mit der effektiven Spurweite von 6 *m* eine genügende Stabilität gesichert ist. Die Säulen werden durch Kreuzverbindungen versteift und sind an ihrem oberen Ende durch ein Gitterwerk verbunden, auf welchem das Hauptdeck ruht. Der Wagenoberteil ähnelt in seinem Aussehen einer Vergnügungsjacht, und in der That sind verschiedene Anordnungen getroffen in der Absicht, diesen Eindruck so vollständig wie möglich zu machen. Das Deck ist 15,25 *m* lang und 6,7 *m* breit. Ein eisernes Geländer mit Drahtgewebe um das Deck gewährt den nötigen Schutz gegen Herabstürzen. In der Mitte des Decks befindet sich ein im Inneren bequem eingerichteter Salon von 8 *m* Länge und 3,7 *m* Breite, und auf diesen Salon ist ein zweites offenes Verdeck aufgesetzt. Das ganze Fahrzeug vermag etwa 200 Personen aufzunehmen.

Der Betriebsstrom wird dem Fahrzeug durch zwei oberirdisch geführte Leitungen zugeführt, von denen derselbe mit Hilfe zweier besonders konstruierter Kontaktrollen abgenommen wird. Auf dem Wagen befinden sich zwei von der englischen Thomson-Houston-Gesellschaft gelieferte Elektromotoren von je 30 PS, welche senkrecht über zweien der Hauptträger angeordnet sind. Der Anker ist durch Kegelräder mit einer vertikalen Welle verbunden, die unten mittels Kegelgetriebes und einfacher Übersetzung auf die Achsen der Räder wirkt.

Die Fig. 59 stellt einen vertikalen Durchschnitt durch eine der das Fahrzeug tragenden Säulen und die Kuppelungen am oberen und unteren Ende derselben dar.

Die Regulierapparate, die denen eines Strassenbahnwagens ähnlich sind, befinden sich auf dem Hauptdeck, und zwar an jedem Ende desselben. Die Bremsen werden durch Stangen bethätigt, welche durch die beiden übrigen Säulen hindurchgehen.

Die Stromerzeugungsanlage ist in Rottingdean errichtet, und zwar auf einem besonders aufgeführten eisernen Unterbau, der zugleich als Landungsstelle dient. Der in die Leitungen gesandte

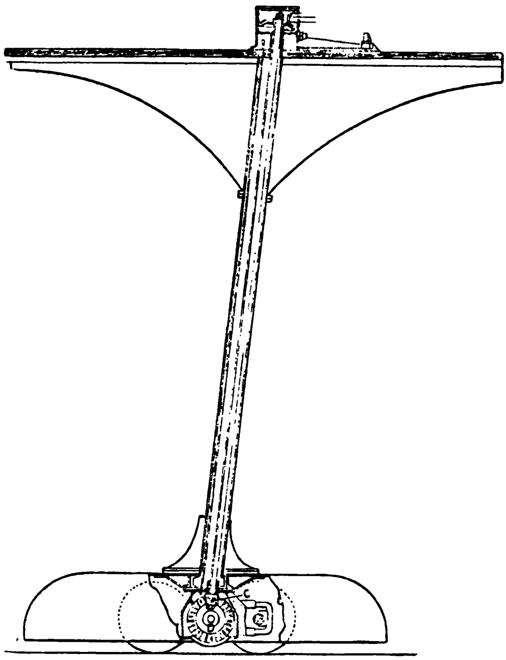


Fig. 59.

Strom besitzt eine Spannung von 500 Volt. Die Leitungen selbst sind teils auf Stahl-, teils auf Holzmasten verlegt. Die Schienen werden zur Stromleitung mitbenutzt. Die Anlage soll einschliesslich der Errichtung der beiden Endstationen 600000 ℳ gekostet haben.

2. Viaduktbahnen.

Um die Strassenbahnen von dem übrigen Strassenverkehr unabhängig zu machen, muss man bei Umgehung teuererer Tiefbahnen die öffentlichen Wege und Plätze überdecken und diese Viadukte mit Gleisen für Hochbahnen belegen.

Derartige elektrisch betriebene Hochbahnen sind: die »Liverpool Overhead Railway«, die »Metropolitan West Side Elevated Railroad

Chicago«, die »elektrische Stadtbahn Berlin« (vergl. ETZ. 1896, Heft 32, S. 496 ff.), »Hochbahn New-York«, »Chicagoer Ausstellungsbahn« (vergl. Brückmann, Z. d. V. d. Ing. 1895, Heft 43, S. 1277 ff.).

Ehe wir an die nähere Beschreibung dieser Bahnen herangehen, seien noch einige allgemeine Gesichtspunkte angeführt, welche bei der Projektierung und beim Bau dieser Anlagen massgebend waren.

Seitdem in den grossen Städten an Stelle der langsam fahrenden Pferdebahnen die schnellfahrenden und schnellanhaltenden elektrischen Strassenbahnen in allgemeinen Gebrauch gekommen sind, hat das Publikum eine grössere Geschwindigkeit kennen und schätzen gelernt und benutzt um so lieber noch schnellere Beförderungsmittel, selbst wenn es erst eine Strecke laufen und einige Treppen ersteigen muss, um zu den schnellsten Verkehrsmitteln, den Hoch- und Tiefbahnen, zu gelangen. Da, wo elektrische Strassenbahnen mit Hochbahnen parallel laufen, wie in Brooklyn und Chicago, sind jene indessen die weitaus frequentierteren. In New-York hingegen erfreut sich die Hochbahn noch immer eines grossen Verkehrs, weil die bestehenden elektrischen Strassenbahnen nicht dieselben Strecken befahren, und dem kolossalen Verkehr, welcher zu und von der Stadt zu bewerkstelligen ist, nicht gerecht werden können. Wenn alle Linien der Strassenbahnen für elektrischen Betrieb eingerichtet sein werden, wird ihre Transportfähigkeit zum Schaden der Hochbahn sehr zunehmen.

Dies gilt natürlich auch von den Dampfbahnen, wie die New-Yorker und die Berliner Hochbahn. Wenn es nun wiederum gilt, durch den elektrischen Hochbahnbetrieb einige Betriebsvorteile zu erringen, so wird von neuem ein Konkurrenzkampf zwischen der Strassenbahn und der Hochbahn entstehen, der durch die Tarife und die Geschwindigkeiten entscheidend wird.

Die Dampflokomotiven der New-Yorker Hochbahn sind z. B. so konstruiert, dass 65 % ihres Gewichtes oder $15^1/_4$ *t* auf deren Triebräder kommen und mit deren Adhäsion eine maximale Zugkraft von 3800 *kg* entwickeln können. Diese Zugkraft ist erforderlich, um den Zug in 50—60 Sekunden bis zu einer Geschwindigkeit von 32 bis 40 *km*-St. beschleunigen zu können. Hierbei werden im Maximum 300 PS von der Lokomotive entwickelt. Die Bremsen sind so konstruiert, dass der Zug in der nächsten Station in 13 Sekunden zum Stillstand gebracht wird.

Mit Dampf ist es unmöglich, noch bessere Durchschnittszeiten zu erzielen, als 22 *km* in der Stunde, es sei denn, dass das Gewicht der Lokomotive vergrössert oder das des Zuges verringert wird. Schwerere Lokomotiven würden aber die Sicherheit des vorhandenen

Unter- und Oberbaues gefährden, mehrere kürzere Züge beanspruchen eine grössere Leistung zum Betrieb. Die Feuerungskosten für die Heizung der Dampflokomotiven betragen ungefähr 20 % der Gesamtunkosten. Der Kohlenverbrauch für die Stunde und Pferdekraft beträgt ungefähr 3,5—4 *kg*.

Bei guten stationären Kondensations-Compound-Maschinen, welche elektrische Stromerzeuger in der Station treiben, ist der Kohlenverbrauch nur ungefähr ein Drittel obiger Menge.

Würden die Dampflokomotiven abgeschafft, so wäre es möglich, die hohen Arbeitslöhne für das Bedienungspersonal zu vermindern, da für zuverlässige Leute, welche nicht geprüfte Maschinisten zu sein brauchen, das Durchschnittsgehalt nur ca. die Hälfte desjenigen eines Lokomotivführers beträgt. Ferner genügt ein Mann zur Handhabung des ganzen elektrischen Mechanismus. Die Reparaturkosten würden wesentlich geringer sein sowohl für die motorische Einrichtung als auch für die Streckenausrüstung. Die Instandhaltung einer Dampflokomotive ist sehr teuer, die durchschnittliche tägliche Laufstrecke beträgt nur ungefähr 160 *km*, nach welcher alles eingehend nachgesehen werden muss. Im Gegensatz hierzu beträgt der Dienst eines elektrischen Motorwagens 400—500 *km* ohne irgendwelches Nachsehen.

Unter Ansehung aller dieser Verhältnisse hat man sich entschlossen, die New-Yorker Dampf-Hochbahn in elektrischen Betrieb umzuwandeln, und wird auch die Zeit nicht mehr fern sein, wo die Berliner Stadt- und Ringbahn und die neu (1898) eröffnete Wiener Stadt- und Ringbahn zum elektrischen Betrieb übergehen werden.

Die elektrischen Betriebsmittel für einen elektrischen Zug der New-Yorker Hochbahn bestehen aus den bisherigen Hochbahnwagen, wie Fig. 60 zeigt. Ein Teil derselben ist mit zwei, sich auf Zapfen drehenden Untergestellen ausgerüstet und zur Aufnahme von elektrischen Motoren eines ganz besonderen Typus geeignet. Die Räder der Untergestelle haben 850 *mm* Durchmesser, der Achsstand beträgt bei den grössten Motoren 1,8 *m* und kann auf 1,65 *m* vermindert werden, bei Verwendung von kleineren Motoren.

Das Gewicht eines vollbeladenen Motorwagens beträgt 32 *t*, einschliesslich Untergestell, Motoren und elektrischer Einrichtung. In den meisten Fällen wird es ratsam sein, für jeden Motorwagen nur zwei Motoren vorzusehen und beide zur bequemeren Reparatur in einem Untergestell unterzubringen. Hierbei kommen 19,5 *t* oder 61 % des Motorwagengewichts auf die Treibräder, was etwa dem gleichen Adhäsionsgewicht der Lokomotive entspricht. Das ergiebt für einen Motor rund 500 *kg* Zugkraft. Dieses Motorenpaar ist somit befähigt, einen Zug von drei Hochbahnwagen mit einer Ge-

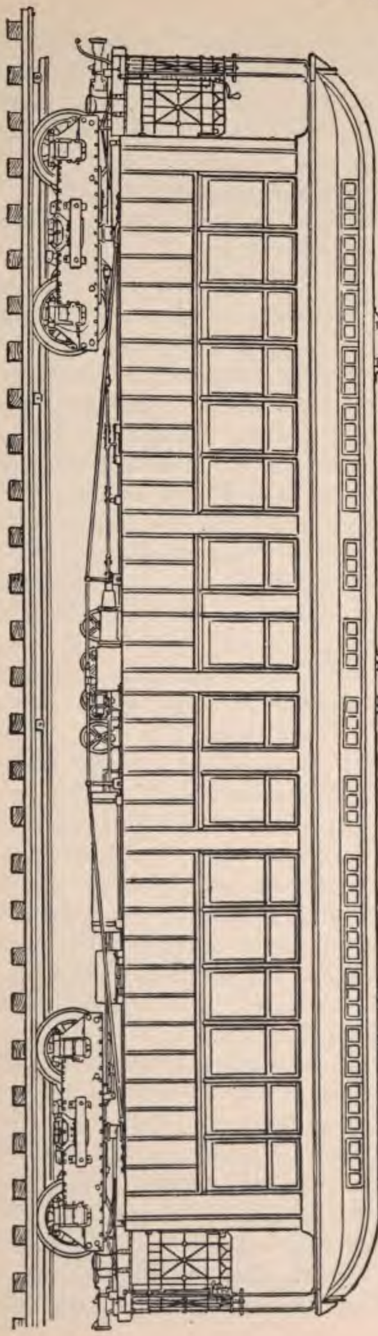


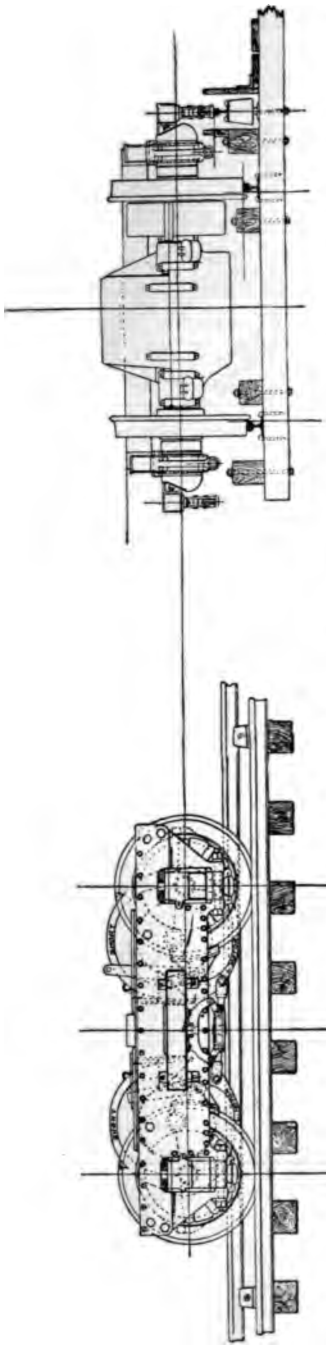
Fig. 60.

schwindigkeit von 0,55 *m* in der Sekunde zu beschleunigen und eine Geschwindigkeit von durchschnittlich 26,5 *km* in der Stunde einschliesslich Anhalten zu erreichen. Wenn das andere Untergestell des Motorwagens ebenfalls mit Motoren ausgestattet wird, so gilt dasselbe von einem doppelt so langen Zuge und kann man sogar noch einen Wagen mehr anhängen. Das Mehrgewicht wird dadurch ausgeglichen, dass dieser lange Zug nur einen Motorwagen hat.

Durch die Erfordernisse des Dienstes an den verschiedenen Hochbahnen wird man mit grosser Vorsicht bei der Grössenwahl der Motoren, welche auf den verschiedenen Strecken angewandt werden, vorzugehen haben. Auf einer Strecke, wie die in der sechsten Hauptstrasse in New-York, ist es richtig, die Motoren so gross als möglich zu wählen, da auf dieser Strecke der Verkehr den ganzen Tag hindurch ein gleichmässiger ist und die Züge von je vier bis fünf Wagen in ganz kurzen Zwischenpausen folgen können. In Brooklin und Chicago aber, wo der Verkehr für kurze Zeiten des Tages gross und während des Restes des Tages nur schwach ist, erscheint es wünschenswert, möglichst kurze Züge oder gar nur einzelne Motorwagen mit kleineren Motoren zu verwenden. Es ist möglich, die einzelnen Motorwagen oder kurzen Züge während der Zeit des starken Verkehrsals längere Zügegekuppelt

fahren zu lassen, ohne dass sich mehr als nur ein Wagenführer auf der vordersten Plattform befindet, vorausgesetzt, dass ein entsprechender Apparat, durch welchen sämtliche Motoren des Zuges geschaltet werden können, angebracht ist. Ein kleinerer Motor würde alsdann die volle Adhäsion ausnutzen können, dagegen besteht der Nachteil, mehrere Schaltapparate und Motoren unterhalten zu müssen. Zudem kommt, dass für das Tonnenkilometer mehr Arbeit verbraucht wird, denn die für einen Anhängewagen benötigte spec. Zugkraft ist kleiner als die für einen Motorwagen. Diese Differenz ergiebt sich aus der grösseren inneren Reibung des Motorwagens.

Die Fig. 61 zeigt das Baldwin-Normal-Hochbahn-Untergestell mit zwei normalen 200 PS - »L« Motoren. Diese bewegen einen vollbeladenen Hochbahnzug von drei Wagen mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 26,5 *km* in der Stunde.



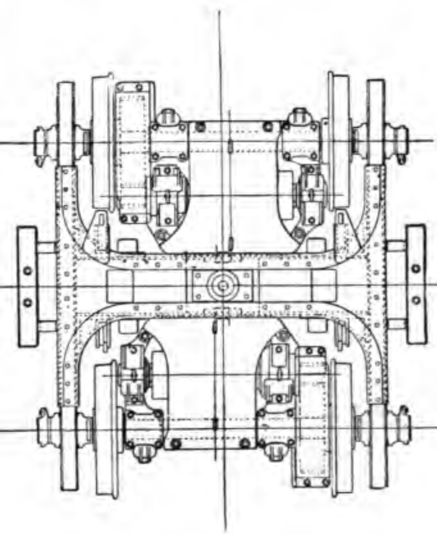
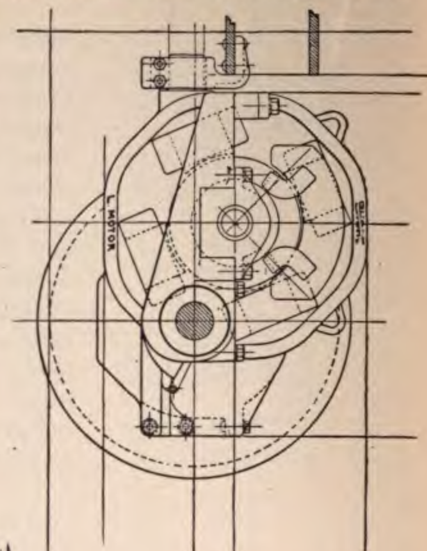


Fig. 61.

Für die Motoren, welche sich am besten zum Hochbahndienst eignen, können folgende Grundsätze gelten:

Da hier weder mit Staub noch mit Wasser zu kämpfen ist, kann der Motor zur besseren Luftzirkulation an den Armaturen und Feldmagneten fortwährend offen gelassen werden, wodurch eine Mehrleistung des Motors erreicht wird. Der offenstehende Motor kann viel bequemer nachgesehen und besser von Öl und Schmiere freigehalten werden.

Die beigegebene Zeichnung (Fig. 62) zeigt die Form eines Motors, welcher für den ameri-



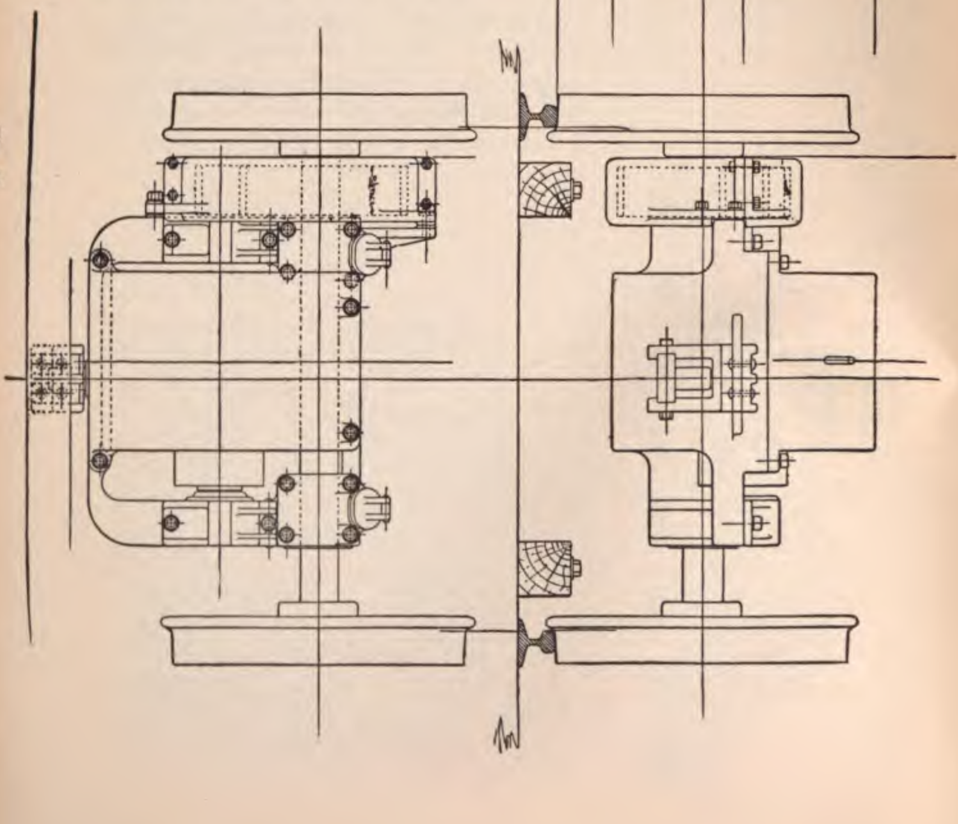


Fig. 62.

kanischen Hochbahndienst bestimmt ist. Dieser Motor ist zum Auseinandernehmen eingerichtet, wenn das Untergestelle unter dem Wagen vorgezogen ist. Beim Heben der oberen Hälfte des Magnetkerns durch einen oberhalb angebrachten Krahn wird der Anker freigelegt. Jede Motorrahmenhälfte ist zweipolig und mit nur wenigen Kupferdrahtwindungen versehen. Das magnetische System des Motors ist symmetrisch.

Der Anker besitzt grossen Durchmesser und die Radachse ist dicht in das Magnetgehäuse eingearbeitet, sodass die Entfernung der Achsenmitten (Laufachse, Motorachse) möglichst kurz ist. Die Übertragungsräder können somit klein sein und lassen genügend Raum zwischen Schienenoberkante und Radschutzkasten.

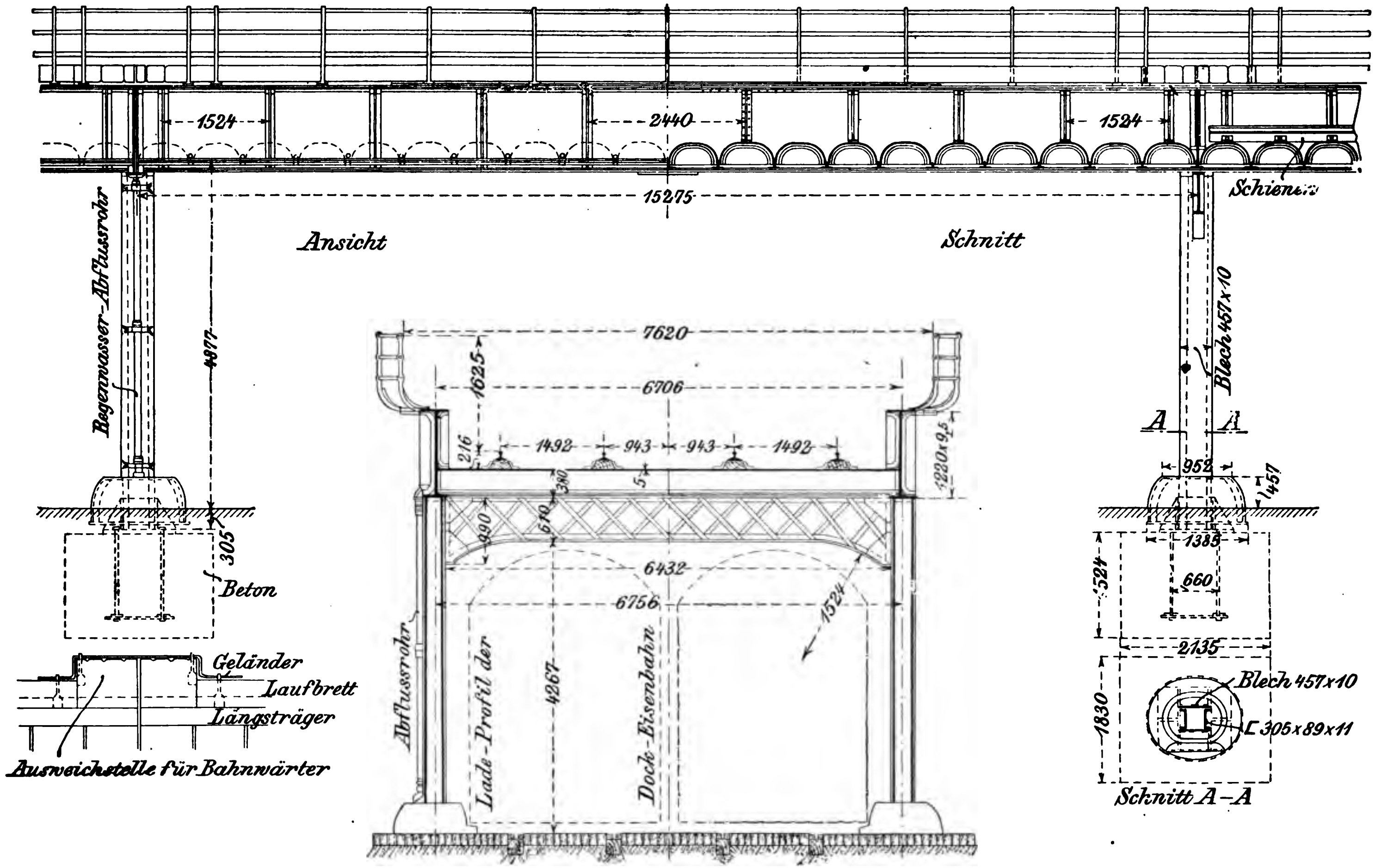
Der besonders grosse und schwere Anker ist mit Nuten versehen, um die Windungen zu schützen. Jede Windung ist zum Kommutator geführt, wodurch die Selbstinduktion der Armaturwindungen vermindert wird und nur eine geringe Spannung zwischen den Kommutatorlamellen herrscht. Ein funkenloser Gang ist dadurch gewährleistet.

Die Ankerlager sowie die Achsenlager sind aus Bronze. Das Öl wird von unten durch Röhrchen zugeführt, und bestreicht die ganze Länge des Lagers.

An den Enden der Lager sind Vorkehrungen getroffen, um alles abtropfende Öl, welches auf die Strecke und die darunter liegenden Strassen gelangen könnte, auffangen und in die betreffenden Behälter zurückführen zu können. Die Lager sind ausserordentlich lang und die Achsen haben grossen Durchmesser. Die Ankerlager können mit dem Motor herausgehoben werden, nachdem die Armaturen durch einen Kran gefasst werden. Das Triebwerksgehäuse ist aus Gusseisen in zwei Hälften gegossen. Die untere Hälfte ist am Motorgestell fest, während die obere Hälfte abgehoben werden kann. Das Gehäuse ist öldicht abgeschlossen und das Triebwerk läuft in Öl. Der ganze Motor ist aus bestem Gussstahl gefertigt.

Die erste, von vornherein als solche gebaute, elektrische Hochbahn in Amerika, von Hoboken nach Jersey City führend, wurde von der Thomson Houston Co. im Auftrage der North Hudson Railroad Co. gebaut, und zwar zunächst nur 2 *km* lang, im Anschluss an eine 1,6 *km* lange Kabelbahn. Trotzdem hier die Verhältnisse auch für den Kabelbetrieb günstig lagen, traten doch schon nach kurzer Zeit die Vorzüge des elektrischen Betriebes so augenscheinlich zu Tage, dass derselbe auf der ganzen Strecke eingerichtet wurde.

Die Motorwagen sind mit je zwei 25-pferdigen Motoren ausgerüstet; die oberirdische Kontaktleitung ist auf Trägern zwischen den Gleisen nach der Methode der Doppelarmaufhängung geführt.



1524
2440
1524
15275
Schienen
Ansicht
Schnitt
Regenwasser-Abflussrohr
4877
305
Beton
Blech 457x10
A
A
952
457
1385
1524
660
2135
1830
Blech 457x10
⊏ 305x89x11
Schnitt A-A
7620
1625
6706
216
1492
943
943
1492
5
380
610
990
220x9,5
6432
6756
1524
Abflussrohr
Lade-Profil der
Dock-Eisenbahn
4267
Geländer
Laufbrett
Längsträger
Ausweichstelle für Bahnwärter

Fig. 63.

In Europa war die erste elektrische Hochbahn die in Liverpool im Jahre 1893 eröffnete Hafenquai-Bahn von ca. 10 *km* Länge. Sie durchläuft den sehr ausgedehnten Liverpooler Hafen und bietet einen ausserordentlich schönen Ausblick auf diesen. Die Bahnviadukte bestehen zumeist aus horizontalen Blechträgern, die auf eisernen Säulen ruhen, welch' letztere ca. 16—32 *m* voneinander entfernt sind. In den Figuren 63 und 64 ist der Säulenbau mit den Quer- und Längsträgern dortiger Anordnung nebst Einzelheiten dargestellt. Auf den Säulen ruhen 1,22 *m* hohe Blechlängsträger, die durch gewölbte Querträger aus Blech und T-Eisen verbunden sind. Auf diesen Querträgern sind die hölzernen Längsschwellen unmittelbar befestigt. Zwischen die Längsschwellen sind Querhölzer gesetzt, welche mittels Porzellanisolatoren die stählernen Strom-

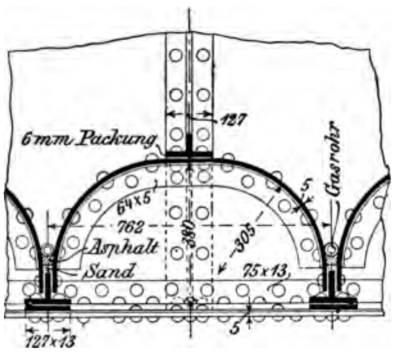


Fig. 64.

leitungsschienen tragen. Die Laufschienen werden zur Stromleitung mitbenutzt.

Die Betriebsmittel bestehen aus Motorwagen (Fig. 65), welche 16 Plätze I. und 41 Plätze II. Wagenklasse enthalten. Die Wagen haben drei Seitenthüren, einen mittleren Durchgang und sind mit elektrischer Beleuchtung und Westinghouse-Bremse ausgerüstet. Die Luftbehälter werden am Ende jeder Fahrt gefüllt. Die 13,73 *m* langen, 2,59 *m* breiten Wagenkasten ruhen auf zwei Drehgestellen (Fig. 66), von welchen jedoch nur eines ein Motordrehgestell ist. Ein betriebsfähiger Motorwagen wiegt leer 15810 *kg*, wovon auf den elektrischen Motor 3225 *kg*, also 20% entfallen.

Jeder Zug besteht aus zwei Wagen, welche so zusammengestellt sind, dass die Führerabteilungen an den Enden liegen. Da beide Motordrehgestelle von einem Stande bethätigt werden können, brauchen die Züge am Ende der Fahrt nicht gedreht zu werden. Der Zugverkehr ist zu den einzelnen Tagesstunden verschieden geregelt; von

9 Uhr morgens bis $5^1/_2$ Uhr nachmittags ist er am stärksten, alsdann unterhalten 12 Züge einen 5 Minutenverkehr. Der mit 114 Personen vollbesetzte Zug wiegt 38 910 *kg*; er braucht nach angestellten Versuchen bei einer mittleren Geschwindigkeit von 24,3 *km*-Std., ausschliesslich der Aufenthalte, rund 55 elektrische PS, bei rund 85 Ampère und 484 Volt.

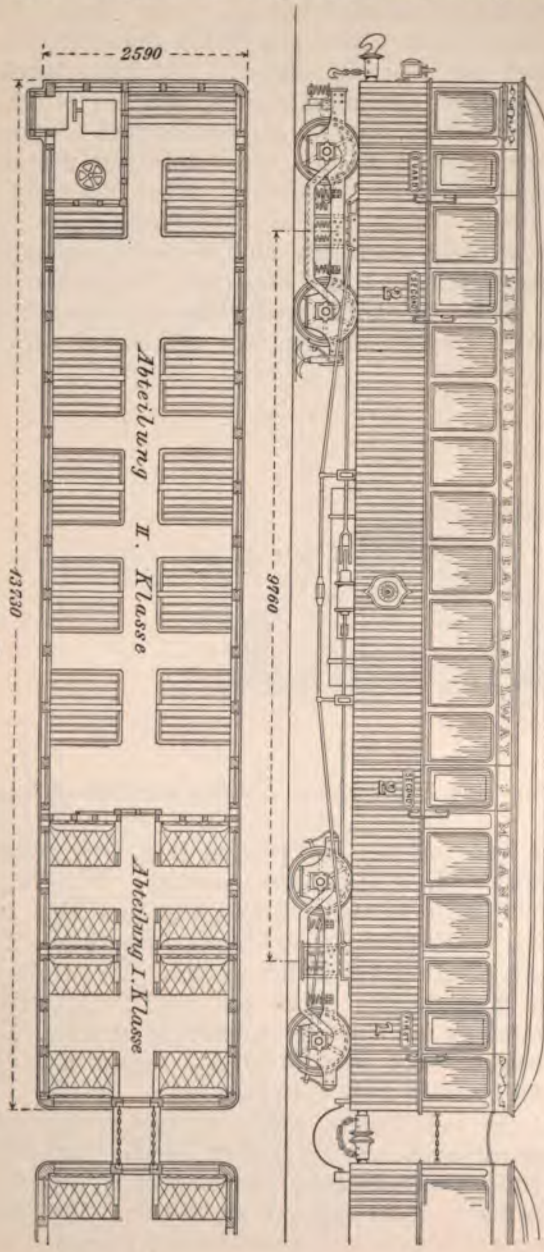


Fig. 65.

Sehr interessant war die Aufstellung dieser Viadukte, weil vor allem die Bedingung gestellt war, dass während des Baues der Bahn der Verkehr zwischen den Docks und der Stadt nicht gestört werden dürfe. Man musste daher von einem Gerüste zum Aufbaue des Oberbaues ganz absehen, und ist einfach so vorgegangen, dass man zuerst die Säulen aufstellte und dann von einem Ende der Bahn aus die Träger mittels eines Kranwagens aufbrachte und das Gleis sofort darauf verlegte.

Diese Montierung ist so schnell gegangen, dass man in einer Woche bis zu 10 solcher Brückenfelder aufstellen konnte.

Interessant ist bei dieser elektrischen Hochbahn die Selbstsignalisierung. Die etwa 11 *km* lange Bahn hat 13 Haltestellen und mithin ebenso viele Blockstationen, die, durch Menschenhand bedient, sehr teuer zu stehen kämen, da mindestens 26 Beamte dazu erforderlich wären. Das automatische Blocksystem besteht darin, dass die Züge selbst beim Vorüberfahren vor einer Blockstation die Strecke hinter sich solange absperren, bis sie von der nächsten Haltestelle

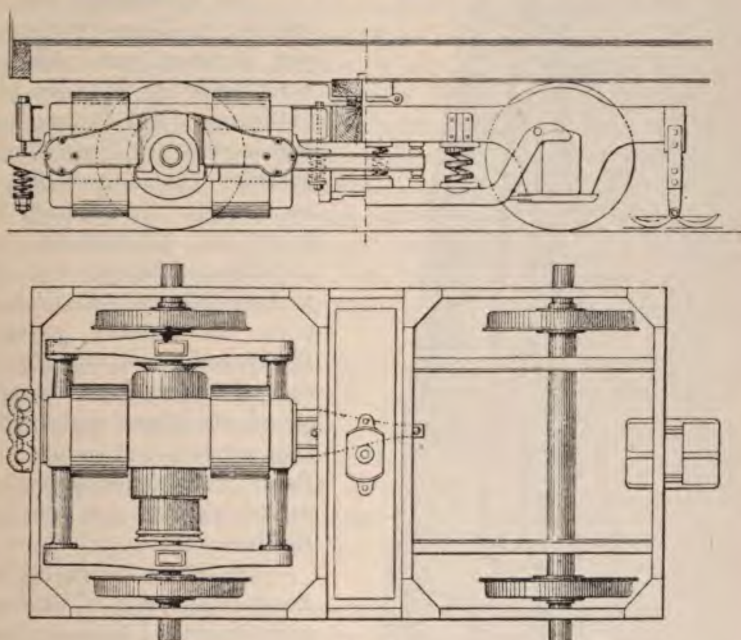


Fig. 66.

wieder abfahren. Dadurch ist der gleiche Sicherheitszustand erzielt, wie bei der Bedienung der Blockapparate durch Signalbeamte, d. h. es ist ein Einholen von Zügen ausgeschlossen, wenn der Zugführer das Signal nicht übersieht und weiterfährt.

Nahe der Mitte der Strecke liegt die Kraftstation mit einer Gesamtleistung von 1600 PS. Die Betriebsspannung ist 460 bis 500 Volt, je nach der Verkehrsdichte. Die mittlere Fahrgeschwindigkeit übersteigt 20 *km*-Std. nicht.

Die Gesamt-Betriebskosten für das Zugkilometer schwanken zwischen 18 und 21 ₰, je nach der Verkehrsdichte.



Fig. 67.

Die Anlagekosten belaufen sich auf 11 Millionen Mark, d. h. 1100000 ℳ für das Kilometer.

Weitere Angaben siehe: ETZ 1896, Heft 32, S. 496 und Zeitschr. d. V. d. Eisenbahn-Verwaltungen 1894, No. 31, 33 u. 34.

Die Chicagoer Weltausstellung im Jahre 1893 konnte des Wahrzeichens elektrisch betriebener Hochbahnen nicht entbehren. Auf Holzgerüsten wurde die in Fig. 67 dargestellte Intramuralbahn erbaut und vor, während und nach der Ausstellung zum ständigen Verkehr auf dem weitverzweigten Ausstellungsplatz in Betrieb gehalten. Die Wagen waren dem Zwecke und der Jahreszeit entsprechend als offene und vielthürige gebaut, und erfüllte die Bahn trotz ihres primitiven Aussehens voll und ganz ihre Bestimmung.

Die Bahn durchzog den Ausstellungsplatz, Jacksonpark, in einer Länge von rund 5 *km*, wovon ca. 4,5 *km* doppelgleisig angelegt waren, und verbindet 10 Stationen miteinander.

Über die hier zur Anwendung gekommene Stromleitung ist im Kapitel XIV. näheres mitgeteilt.

Die Kraftstation enthielt unter anderen drei direkt gekuppelte Stromerzeuger, System Thomson-Houston, von bezw. 1500, 750 und 200 Kilo-

watt Leistungsfähigkeit. Die grösste von diesen Dynamos war direkt mit einer 2100-pferdigen Corliss-Dampfmaschine gekuppelt. Zur Veranschaulichung der Dimensionen dieser Dynamo seien die folgenden Zahlen angeführt: Das Totalgewicht der Maschine betrug 90 *t*, der Anker hatte einen Durchmesser von 3,15 *m*, der Kollektor von 2,25 *m* und das Schwungrad von 7,2 *m*.

Das rollende Material bestand aus 15 Zügen von je einem Motor- und drei Anhängewagen und ausserdem noch drei Reserve-Motorwagen.

Die Motoren wurden unter sorgfältigster Berücksichtigung aller früheren Erfahrungen für diese Bahn neu konstruiert. Jeder Wagen war mit vier Motoren ausgerüstet, welche die vier Achsen der beiden Drehgestelle durch eine einfache Zahnradübersetzung antrieben und zusammen normal 530 PS entwickelten. Man sah von der Verwendung direkt auf die Wagenachsen gesetzter Motoren hauptsächlich deswegen ab, weil dieselben alsdann sehr schwer geworden wären, und sich bei den Proben gezeigt hatte, dass die Zahnradübersetzung auch bei der hohen vorgesehenen Geschwindigkeit von 50 *km* i. d. Stunde noch tadellos arbeitet. Die Wickelung des Ankers und die Form des Magnetsystems war ähnlich derjenigen der Strassenbahn-Motoren.

Die Methode der Geschwindigkeitsregulierung stellte eine neue und sehr vorteilhafte Ausbildung der bei Strassenbahnen angewendeten dar. Beim Angehen des Zuges wurden sämtliche vier Motoren in Serie hintereinander, dann bei zunehmender Geschwindigkeit paarweise parallel und in voller Fahrt alle vier parallel geschaltet. Dadurch erzielte man mit normaler Stromstärke gleich beim Angehen die volle Zugkraft und konnte mit gutem Wirkungsgrad verschiedene Geschwindigkeiten einhalten.

Alle Wagen waren mit Westinghouse-Luftbremsen versehen. Die Luftpumpe wurde wie üblich durch einen kleinen Elektromotor bewegt, welcher seinen Platz auf dem Führerstand des Motorwagens hatte.

Die elektrische Metropolitan West Side-Hochbahn in Chicago.

Am 6. Mai 1895 wurde die elektrisch betriebene Hochbahn in Chicago in Betrieb gesetzt. Die Bahnanlage war ursprünglich für den Betrieb mit Dampflokomotiven geplant, die günstigen Ergebnisse des elektrischen Antriebes, die sich bei der vorgenannten elektrischen Weltausstellungsbahn von Chicago auch in finanzieller Hinsicht ergaben, führten jedoch dazu, die Anwendung der elektrischen Zugkraft in Aussicht zu nehmen.

Die Gesamtlänge dieser Bahn beträgt rund 26 *km*, die Länge der Gleise rund 58,5 *km*. Auf einer 3 *km* langen viergleisigen Strecke sind zwei Gleise ausschliesslich für den Schnellverkehr besonderer Züge bestimmt, welche die ganze Strecke ohne Aufenthalt durchfahren und zur bequemen und schnellen Verbindung des Geschäftsmittelpunktes der Altstadt mit den westlichen Stadtteilen dienen sollen.



Fig. 68.

Auf den zweigleisigen Strecken sind Aussenbahnsteige, auf den viergleisigen, Mittelbahnsteige zwischen je zwei zusammengehörigen Gleispaaren angeordnet. Die Stationsentfernung ist durchschnittlich 520 *m*. Die Fahrgeschwindigkeit einschliesslich der Aufenthalte ist rund 21 *km* in der Stunde. Der eiserne Unterbau der Hochbahn ist darauf berechnet, die bewegliche Belastung einer 30 *t* Lokomotive mit zwei Personenwagen zu tragen. Die geringste Lichthöhe der Konstruktion über der Strassenfläche beträgt 4,27 *m*. Die Schienenoberkante liegt 1,45 *m* über der Unterkante der 1,22 *m* hohen Blechträger. Die schmiedeeisernen Stützpfeiler, die in je einer Reihe für jedes Gleis angeordnet sind, haben eine Höhe von 4,42 bis 5,64 *m* und stehen im allgemeinen auf einem 2,13 *m* tiefen quadratischen Fundament von 2,44 *qm* Grundfläche. Jedes Gleis wird von einem Hauptträgerpaar und einer Stützenreihe getragen. Der Abstand der Stützen schwankt zwischen 12,11 *m* und 15,24 *m*. Die Seitenverstrebung ist für eine Horizontalbeanspruchung von 660 *kg* für das Meter Gleis berechnet. Die Laufschiene ist 44 *kg/m* schwer.

Die Kraftstation liegt 2 *km* vom östlichen Endbahnhof entfernt; von hier gehen in westlicher Richtung 18 Speiseleitungen aus, welche alle 90 *m* die Kontaktschiene speisen.

Die Fahrschiene und das eiserne Tragegerüst sind auch hier zur Stromleitung benutzt.

Die elektrischen Einrichtungen sind sämtlich von der General Electric Company hergestellt worden.

An Betriebsmitteln sind zunächst 55 Motor- und 100 Anhängewagen für je 48 Sitzplätze vorhanden, welche zu Zügen von je drei Wagen zusammengesetzt werden. Die vierachsigen Motorwagen haben vorläufig nur je zwei Motoren, können jedoch später mit je vier Motoren versehen werden, um alsdann Züge von sechs Wagen befördern zu können. Die Grundrissdimensionen der Wagen sind aus Fig. 68 ersichtlich.

Die grösste Dachbreite beträgt 2720 *mm*, die grösste Dachhöhe ist 3914 *mm* über S. O.

Die Motorwagen besitzen sehr starke Stahluntergestelle, wiegen ohne Motoren rund 18 *t* und im vollen Dienstgewicht 28,5 *t*, wobei jeder Motor 1800 *kg* wiegt.

Die Kuppelung der Wagen erfolgt selbstthätig durch van Dornsches Kuppelungssystem.

Anstatt automatisch wirkender Bremsvorrichtungen sind sogenannte straight air-Bremsen vorgesehen. Sollte die Bremse infolge eines Bruches des Rohres unwirksam werden, so kann die Drehrichtung der Motoren umgekehrt und der Zug zum Stillstand gebracht werden.

In dem Abteil des Wagenführers befindet sich vorn in der rechten Ecke das Ventil für die Luftbremse, links daneben der Schalter zur Hintereinander- und Parallelschaltung der Motoren. An der linken Wand ist der Stromunterbrecher angebracht, welcher bei allen Überlastungen gewöhnlicher Art in Thätigkeit tritt. Eine Bleisicherung, die ebenfalls in dem Abteil angeordnet ist, soll nur in aussergewöhnlichen Fällen in Wirksamkeit treten und den Stromkreis unterbrechen. In dem einen Abteil befindet sich die, vermittelst eines automatisch durch den Luftdruck im Hauptbehälter ein- und auszuschaltenden Motors bethätigte Luftpumpe. Der automatische Regulator zur Bethätigung des Elektromotors befindet sich an der linken Seite der Kabine unterhalb des Ausschalters. In der anderen Kabine, in welcher keine Luftpumpe aufgestellt ist, befindet sich an gleicher Stelle ein kleiner Widerstandsregulator für den Luftpumpenmotor. Vor dem Wagenführer ist ein Luftdruckanzeiger mit zwei verschieden gefärbten Zeigern angebracht, von denen der eine den Druck im Hauptbehälter, der andere den Druck im Luftzuführungsrohr und in den Bremscylindern anzeigt. Die beiden Ausschalter an beiden Enden des Wagens sind parallel geschaltet; sobald der Führer seinen Stand wechselt, wird der am hinteren Ende befindliche Unterbrecher ausgeschaltet.

Die Wagen werden durch je zwölf elektrische Heizapparate der General Electric Heating Company von New-York geheizt. Dieselben sind zu je vier hintereinander geschaltet und verbrauchen, wenn sie sämtlich eingeschaltet sind, einen Strom von 14 Ampère bei 500 Volt oder 7 Kilowatt. Auch der Wagenführerraum besitzt einen solchen Heizapparat. Ferner sind die Motorwagen mit elektrischen Kopflichtern, sowie Signallichtern versehen. Das Kopflicht befindet sich in der Mitte des Wagens, das Signallicht zu beiden Seiten desselben.

Die Stromleitung u. Stromübertragung ist im Kapitel XIV. behandelt.



Fig. 69.

Die Anordnung der Gleise, Weichen und Kontaktschienen zeigt Fig. 69. Vergl. auch ETZ 1895, Heft 33, S. 519 ff.; desgl. ETZ 1896, Heft 32, S. 497.

Die Berliner elektrische Stadthochbahn, konstruiert und erbaut von Siemens & Halske, A.-G., Berlin, (Warschauer Strasse— Charlottenburg) befindet sich zur Zeit im Bau. Die zunächst vorgesehenen Haltestellen, deren Reihenfolge zugleich die Linienführung kennzeichnet, sind am Zoologischen Garten auf dem Wittenberg- und Nollendorfplatz, an der Potsdamer Strasse (Ecke Bülowstrasse), an der Möckern- und Belle-Alliance-Brücke, an der Prinzenstrasse (Ecke Gitschiner Strasse), am Kottbuser Thor, am Görlitzer Bahnhof (Manteuffelstrasse), am Schlesischen und Stralauer Thor und an der Warschauer Brücke, sowie mit einem Endbahnhofe für die Abzweigungen am Potsdamer Platz.

Am Zoologischen Garten zweigt aus der Hochbahn eine Rampe ab, mittels welcher die Strassenbahnen in der Hardenberg- und Joachimsthaler Strasse mit der elektrischen Stadtbahn in Verbindung gesetzt werden können, damit auch Durchgangswagen von diesen Strassenbahnen auf die elektrische Stadtbahn übergehen können. Letztere verlässt den Zoologischen Garten unter Überschreitung des Kurfürstendammes mit einer Kurve von 60 *m* Halbmesser, durchschneidet den Häuserblock an den Ecken des Kurfürstendammes und der Tauenzienstrasse und legt sich mit einer Gegenkrümmung von dem gleichen Halbmesser über den Mittelstreifen des Strassenzuges Tauenzien-, Kleist-, Bülowstrasse, welchen sie bis zum Dennewitzplatz verfolgt. Hier durchbricht die elektrische Stadtbahn den Häuserblock zwischen der Dennewitzstrasse und dem Gelände der Potsdamer Bahn. Letzteres und die Gleise der Potsdamer Bahn werden mittels Brücken von 88 und 140 *m* Stützweite übersetzt. Mit einer Kurve von 110 *m* legt die elektrische Stadtbahn sich dann parallel zur Ringbahn und folgt dieser zum Potsdamer Platz; indem sie sich nach Überschreitung des Landwehrkanals mit einer Neigung von 1 : 40 längs der hinteren Grenze der Grundstücke an der Köthener Strasse senkt, sodass sie den Droschkenplatz des Potsdamer Bahnhofes als Unterpflasterbahn unterfahren kann und unter der Ausfahrt von diesem Bahnhofe in der Haltestelle Potsdamer Platz an der Königgrätzer Strasse endigt.

Die beschriebene Linie vom Zoologischen Garten nach dem Potsdamer Platz bildet den westlichen Zweig der elektrischen Stadtbahn. Der östliche Zweig derselben vom Potsdamer Platz nach der Warschauer Strasse fällt von dem Potsdamer Platz bis zum Treffpunkte der Schöneberger und Luckenwalder Strasse mit dem westlichen Zweige zusammen und schwenkt dann durch den Häuserblock zwischen der Luckenwalder und der Trebbiner Strasse nach dem Landwehrkanal ab. Die elektrische Stadtbahn überschreitet hier zunächst das Schöneberger Ufer und gleich dahinter mit derselben Brücke die Anhalter Bahn und den Landwehrkanal, sodass sie weiter auf dem nördlichen Uferstreifen des Kanals, nämlich zunächst am Halleschen Ufer bis zur Belle-Alliance-Brücke, und dann noch bis zum künftigen Durchbruch der alten Jakobstrasse sich erstrecken kann. Von hier ab liegt die Bahn über dem Mittelstreifen der Gitschiner und Skalitzer Strasse bis zur Spree, welche sie mittels eines Aufbaues auf der neu erbauten Oberbaumbrücke überschreitet, um schliesslich in unmittelbarer Nähe der Haltestelle Warschauer Brücke der Berliner Stadt- und Ringbahn zu endigen.

Die vorbeschriebenen beiden Zweige der elektrischen Stadtbahn sind in Höhe der Trebbiner Strasse durch ein Gleispaar untereinander

Die Wa[illegible] ... [illegible] [illegible]schen
General El[illegible] ... [illegible]sdamer
sind zu j[illegible] ... [illegible]n grosses
sämtlich [illegible] ... [illegible]en kleinsten
oder 7 [illegible] ... [illegible]n kommt nur
Heizap[illegible] ... [illegible]umstrasse auf
lichter[illegible] ... [illegible]sser und in dem
in de[illegible] ... [illegible]nhofe ein solcher
[illegible] kleinere Halbmesser
[illegible] Höhe der Schienen-
[illegible]n aus der Forderung,
[illegible]fen der Gürtelstrasse
[illegible]euerwehr noch freie
[illegible] sichern und dass für
[illegible] Durchfahrtshöhe von
[illegible]enlinie der elektrischen
[illegible] sie die Staatsbahnen
[illegible]recke am Potsdamer Platz
[illegible]gen von 1 : 40 angewendet.
[illegible] der Bahn das Verhältnis

[illegible] mit alleiniger Ausnahme
[illegible] Fig. 70 zeigt. Dort, wo
[illegible] auf dem Gelände des
[illegible]kte vorgesehen. Bei den
[illegible] zwischen die Hauptträger
[illegible] den Haltestellen so niedrig
[illegible] Haltestellen naturgemäss
[illegible]schliessen, ergiebt sich aus
[illegible]und der geringsten Kon-
[illegible]enoberkante von 0,75 *m* die
[illegible]estellen auf 5,30 *m*. Bei
[illegible]gessten Teil schiefe Brücken
[illegible]sem Grunde fast ausschliess-
[illegible] welche auf zwei Stützen frei
[illegible]gen beträgt die Entfernung
[illegible] der örtlichen Lage der ein-
[illegible]erbrückungen, bei welchen
[illegible] bis zur Aussenkante der
[illegible] werden noch besondere
[illegible] Wärter angebracht.
[illegible] den Mittelstreifen der Strassen
[illegible]legen, ist für jedes Gleis nur



Schiemann, Bahnen.



Leipzig, Oskar Leiner.

ein Hauptlängsträger angeordnet, welcher abwechselnd als Krag- und eingehängter Träger ausgebildet ist. Auf den oberen Knotenpunkten dieser Hauptträger ruhen die Querträger der Fahrbahn. Die Stützweiten dieser Strecken sind bei hochliegender Schienenoberkante zu 16,50 *m*, bei niedriger Lage derselben zu 12 *m* gewählt. Die Kragarme bestehen bei den Trägern von 16,50 *m* Stützweite aus zwei Feldern von 1,50 *m*, bei den Trägern von 12 *m* Stützweite nur aus einem solchen Feld. Die günstigste Entfernung der beiden Hauptträger dieser regelmässigen Viadukte ergiebt sich zu 3,50 *m*. Bei dieser Entfernung der Hauptträger und der entsprechenden Lage der Gleise über den ersteren werden die bei den Kosten des Viaduktes sehr ins Gewicht fallenden Querträger am günstigsten beansprucht, also so leicht wie möglich.

Dieser günstigste Abstand der Hauptträger voneinander konnte jedoch nicht überall festgehalten werden, da die Stellung der Stützen vielfach von den im Untergrund liegenden Rohrleitungen abhängt. Es wurde daher nach den örtlichen Verhältnissen der Abstand der Hauptträger voneinander auf 3,50, 4,20 und 5 *m* bestimmt. Die Breite der Fahrbahn zwischen den Geländern beträgt 7 *m*. Die beiden Gleise der Bahn liegen von Mitte zu Mitte 3 *m* voneinander entfernt, sodass bei 2,30 *m* Breite der Betriebsmittel zwischen zwei sich begegnenden Wagen ein freier Raum von 0,70 *m* verbleibt und längs der Geländer ein ebensolcher von 0,85 *m*. Die Bahnsteige der Haltestellen sind ausserhalb der beiden Gleise, welche in der gleichen Entfernung wie auf der freien Strecke durch die Haltestellen durchgeführt sind, angeordnet. Zu den 3 *m* breiten Bahnsteigen führen 2 *m* breite Treppen, welche mit einem gemeinsamen Lauf in Strassenhöhe in einem Vorraum endigen; dort erfolgt die Ausgabe, Entwertung und Abnahme der Fahrkarten. Die Bahnsteige und die dazwischen liegenden Gleise werden mit einer Halle überdacht. Die Länge der Bahnsteige und der Halle ist zunächst auf 45 *m*, d. h. für Züge von drei Wagen festgesetzt, doch ist das anstossende Trägerfeld derart ausgebildet, dass eine Verlängerung der Halle und der Bahnsteige auf 60 *m*, d. h. fünf Wagenlängen, später auch während des Betriebes ohne Schwierigkeit bewirkt werden kann. Auch in den Haltestellen sind nur zwei Hauptlängsträger angeordnet, und zwar gleichfalls abwechselnd ein Träger mit über die Stütze hinauskragenden Enden und ein zwischen zwei Überkragungen eingehängter Träger. Die Entfernung der Träger voneinander, ebenso wie diejenige der Stützen, beträgt jedoch in den Haltestellen 6 *m*. Die Bahnsteige liegen auf an dem Hauptträger seitlich ausgekragten Konsolen, welche letztere an ihren Enden auch die Stützen und die Binder der Halle tragen.

Für die Wahl des Oberbaues für die elektrische Stadtbahn war die Forderung massgebend, dass ein möglichst geringes Geräusch beim Befahren der eisernen Viadukte entstehe. Es wurde dabei der Grundsatz festgehalten, dass die Fahrbahn aus zwei Teilen hergestellt werde, und zwar aus einem tragenden Teil, welcher aus Querträgern und Schienentrögen besteht, und einem schalldämpfenden Teile, welcher aus einer auf stehenden Tonnenblechen ruhenden Kiesfüllung gebildet wird, welche mit einer Asphaltschicht abgedeckt ist, sodass die Fahrbahn begehbar wird und zugleich wasserdicht nach unten abgeschlossen ist. Die Schienentröge werden mit einem Asphaltbeton ausgefüllt, in welchem die breitfüssigen 110 *mm* hohen Schienen bis zum Kopf fest eingebettet sind. Die der Gleismitte zugekehrten Wände dieser Schienentröge sind höher geführt, sodass sie etwaige Entgleisungen der Fahrzeuge verhindern. Die Sicherung der Spur, besonders in Kurven, geschieht mittels stellbarer Stehbolzen zwischen dem Schienensteg in der höheren Wand des Schienentroges. In jeder Haltestelle liegt eine Weichenverbindung, welche bei regelmässigem zweigleisigen Betriebe nur vom Weichendrehpunkt aus befahren wird und welche nur bei etwa infolge Betriebsstörungen eintretendem, streckenweise eingleisigem Betrieb in Thätigkeit tritt. Diese Weichenverbindungen werden nur unter mechanischem Verschluss gehalten. Das Gleisdreieck auf dem Gelände des Dresdener Bahnhofes, sowie die gesamte Weichenanlage auf den Endbahnhöfen Zoologischer Garten, Potsdamer Platz und Warschauer Brücke nebst den dazu gehörigen Fahrzeichen werden auf elektrischem Wege gestellt und gesichert.

Sowohl auf der durchgehenden Linie Zoologischer Garten-Warschauer Brücke, sowie auch auf den beiden Zweigen Zoologischer Garten—Potsdamer Platz und Potsdamer Platz—Warschauer Brücke werden die Züge in beiden Fahrtrichtungen zunächst in Zwischenräumen von sechs Minuten verkehren. Dabei ist der Fahrplan derart eingerichtet, dass auf den Teilstrecken Möckernbr—Wückearschauer Brücke und Zoologischer Garten—Potsdamer Strasse die Züge sich in drei Minuten in jeder Richtung folgen. Bei eintretendem Bedürfnis kann die Zugfolge auf den einzelnen Linien ohne weiteres bis auf vier Minuten verdichtet werden, sodass auf den letztgenannten Teilstrecken eine Zugfolge von zwei Minuten eintritt. Die Züge setzen sich aus einzelnen Motorwagen zusammen. Jeder Wagen hat eine Länge von 12,50 *m* zwischen den Puffern, die Breite der Wagenkasten beträgt 2,30 *m*. Die Wagenkasten ruhen auf zwei zweiachsigen Drehgestellen. Die Wagen wie die Haltestellen werden elektrisch beleuchtet. In den Gleismitten werden besondere Leitungsschienen auf Isolatoren verlegt. Die Fahrschienen dienen ebenfalls zur Fortleitung des Betriebsstromes.

Bahn	Länge der Bahn km	Anlagekosten für 1 km Bahnlänge ℳ	Bemerkung	Quelle der Kostenangabe
New-York, Hochbahn, 185 Street — Kingsbridge . .	Entwurf 3,678	1561730	zweigleisig, elektrisch	Railroad Gazette 1895, S. 2
New-York, Untergrundbahn Broadway — Boulevard .	Entwurf 10,21	12250000	viergleisig, elektrisch	»
New-York, Untergrundbahn University Place — Church Street	Entwurf 3,574	7382000	zweigleisig, elektrisch	»
London, Untergrundbahn »District and Metropolitan«	140,8	7965000	zweigleisig, Dampflokomotiven	Z. d. V. d. Ing. 1891, S. 1075
London, Untergrundbahn »City and South London«	5,07	3329000	zweigleisig, elektr. Lokomotiven	Z. d. V. d. Ing. 1892, S. 98
Liverpool, Hochbahn »Overhead Railway«	8,05	1100000	zweigleisig, Motorwagen	Engineering 1894, I, S. 334.
Budapest, Unterpflasterbahn Gisela-Platz — Stadtwäldchen	3,8	1700000	zweigleisig, Motorwagen	Siemens & Halske
Wien, Untergrundbahn Rennweglinie	Entwurf 4,0	2295000	zweigleisig, elektrisch	Organ f. d. F. d. E. 1892, S. 65
Paris, Untergrundbahn (Entwurf von Berlier) . . .	Entwurf 11,23	2920000	zweigleisig, elektrisch	Organ f. d. F. d. E. 1892, S. 207
Berlin, Unterpflasterbahn (Allgemeine Elektr.-Ges.) .	Entwurf	1700000	zweigleisig, elektr. Lokomotiven	Z. d. V. d. Ing. 1892, S. 315
Berlin, Stadtbahn (zum Vergleich)	12,15	4984600	viergleisig, Dampflokomotiven	Z. d. V. d. Ing. 1891, S. 1075

Die Züge sollen mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 28 *km* in der Stunde verkehren, einschliesslich der Aufenthalte auf den Haltestellen, und dürfen eine höchste Geschwindigkeit von 50 *km* in der Stunde erreichen.

Über die Einzelheiten der Bauausführung und der Betriebseinrichtungen kann erst nach Inbetriebsetzung der Bahn weiteres mitgeteilt werden.

Zum Schluss seien einige Kostenzusammenstellungen projektierter und ausgeführter Tief- und Hochbahnen, teils mit Dampf, teils mit elektrischem Betriebe, angefügt.

Die Kosten für den Bau der Berliner Dampf-Stadtbahn haben sich, dem Arch. f. Eisenbahnwesen zufolge, nach der im Laufe des Jahres 1892 zu Ende geführten Schlussabrechnung auf 68128699 ℳ 22 ₰ gestellt. Als Hauptausgabeposten ist in dieser Summe der Betrag von rund 33,3 Millionen Mark für Grunderwerb enthalten. Für Herstellung der Bahnviadukte mussten 18,6 Millionen, für den Bau der Bahnhöfe 7,9 Millionen aufgewendet werden. 2,4 Millionen Mark erforderte die Beschaffung der Betriebsmittel. Es standen für den Stadtbahnverkehr 87 Lokomotiven im Betrieb, von denen 77 doppelt, 10 dreifach mit Personal besetzt sind. Die Zahl der vorhandenen Personenwagen betrug 320, davon 59 II. Klasse und 261 III. Klasse. Die Anzahl der für Ausführung des Betriebes u. s. w. erforderlichen Kräfte belief sich im Jahre 1892 auf 361 Beamte, 217 Hilfskräfte und 553 Arbeiter, war also noch geringer als im Jahre 1882, wo die Zahl 1164 erreicht wurde.

Über die Anlagekosten einiger neuerer Hoch- und Untergrundbahnen giebt umstehende Tabelle Auskunft.

Dass sich Gesellschaften zum Bau von Untergrundbahnen nicht leicht finden, ist aus der Spalte 3 dieser Tabelle ohne weiteres erklärlich. Bei den hohen Anlagekosten ist das Wagnis eben sehr gross. So begreift man auch, warum immer wieder Hochbahnentwürfe auftauchen, welche infolge einer besonderen Wagenführung sowie eines möglichst leichten und durchsichtigen, architektonisch ausgebildeten Bahnoberbaues die Hauptmängel der bisher ausgeführten Hochbahnen beseitigen wollen. Es sind dieses die sogen. Schwebebahnen.

3. Schwebebahnen.

Man unterscheidet hier einschienige und zweischienige Schwebebahnen, je nachdem die Fahrschiene mit der Gleisachse zusammenfällt oder nicht.

In allen verkehrsreichen Grossstädten liegt die Zeit nicht mehr fern, wo die Strasse von den sich mehrenden Verkehrsmitteln entlastet werden muss, oder sie birgt eine Gefahr für das Leben der

Einwohner und verhindert die Verkehrsmittel, das zu sein, was sie sein sollen, nämlich eine schnelle Verbindung zwischen zwei Punkten, welche man zu Fuss nur unter grossen Zeitverlusten erreichen kann. Das erste Augenmerk wird auf das billigste System der Hochbahnen, auf die Schwebebahnen, fallen. Diese sind imstande, sich den Verhältnissen in starkbelebten Strassenzügen am besten anzupassen, da sie gleichsam den Omnibus oder den Pferdebahnwagen nur einige Meter vom Erdboden heben. Es wäre verfehlt, für diese Schwebebahnen etwa eine Trace zu wählen, welche nur die Verkehrsschwerpunkte verbindet. Diesen Weg sollte man den Viaduktbahnen und den Tiefbahnen überlassen. Für Schwebebahnen und für Unterpflasterbahnen, wenn die letzteren überhaupt auszuführen möglich sind, geziemt es, direkt in der Verkehrsader zu bleiben. Man denke sich hierzu eine durch Fuhrwerk sehr belebte Grossstadtstrasse zunächst dadurch entlastet, dass sämtliche Pferdebahnen und Omnibusse durch die Schwebebahn ersetzt werden. Der hierdurch gewonnene Raum wird benutzt, um in der Mitte des Fahrdammes Säulen aufzustellen, an denen der Längsträger mit den Laufschienen befestigt ist. Die längs der Strasse aufgestellten Säulen werden für alle Fuhrwerke eine rechte und linke Fahrstrasse markieren und darum dem Verkehr in keiner Weise hinderlich sein. Der Personen-Auf- und Abstieg erfolgt an jeder so und so vielten Säule mittels Treppen, deren Hauptrichtung die Säulenreihe bildet. Dadurch, dass die Schwebebahn nur die Ersteigung einer geringsten Höhe bis zum Wagenfussboden ermöglicht, sind die Zugänge leicht und einfach durchführbar. Sind die Strassen zu eng, um in der Mitte eine Säulenreihe zu gestatten, dann sind die über den ganzen Fahrdamm gespannten Eisenbogen gut angebracht. Zugleich wird man die Bogen als Treppenträger benutzen und dadurch einen für den Fahrgast vollkommen ungefährlichen Zugang zum Wagen erreichen, was man von dem Zugang zum heutigen Strassenbahnwagen, über die belebte Strasse hinweg, nicht gerade behaupten kann.

Es müssen für diese Strassenschwebebahn alle diejenigen Verhältnisse massgebend bleiben, welche sich bei den Strassen-Verkehrsmitteln als zweckmässig herausgestellt haben und hierzu gehört die Häufigkeit und Bequemlichkeit der Haltestellen und die dichte Wagenfolge. Die Schwebebahn wird sicherlich ihren Beruf verfehlen, wenn man ihr den Verkehr zwischen den entfernt liegenden Kreuzungspunkten grosser Verkehrsadern zumutet, weil man dann nicht mehr mit einzelnen Wagen auskommt, sondern zu Zügen greifen muss, und weil demgemäss die Trägerkonstruktionen unnötig schwer ausfallen müssen. Die Ersparnis der Personalkosten bei Zügen wird mehrfach aufgehoben durch den leichteren Bau und die häufigere Fahrgelegenheit.

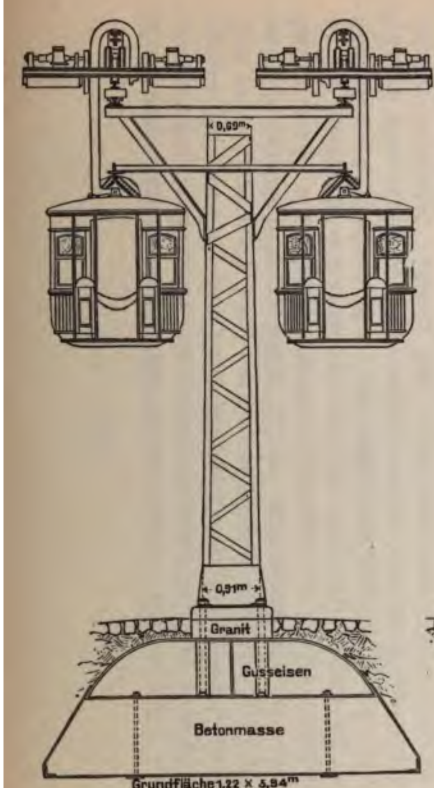

0,69m
0,91m
Granit
Gusseisen
Betonmasse
Grundfläche 1,22 × 3,84m

Fig. 71.

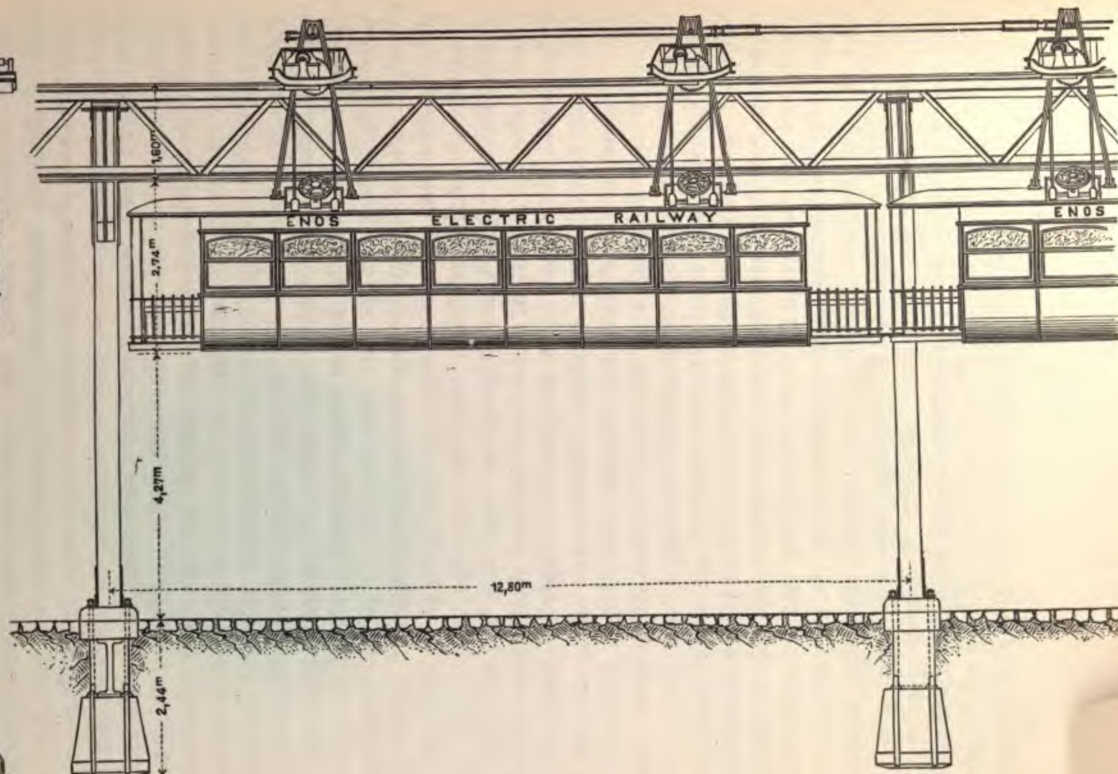

1,60m
2,74m
4,27m
2,44m
12,80m
ENOS
ELECTRIC
RAILWAY
ENOS

Fig. 72.

a) Einschienige Schwebebahnen.

Dieselben haben ihre Vorläufer in den Seilbahnen für Fördergut. Wohl eine der ersten elektrisch betriebenen, allerdings nur für Güter benutzten Schwebebahnen ist die Telpher-Linie in Glynde von etwa 1,5 *km* Länge. In seinem Buche: »Elektrische Kraftübertragung« berichtet Gisbert Kapp über diese Bahn. Mehrere Förderschalen sind zu einem Zuge vereinigt. Der mittelste Förderkorb erhält elektromotorische Einrichtung zum Bewegen (Ziehen und Stossen der Wagen) des Zuges. Sämtliche Wagen laufen auf einem ruhenden Seile, welches zugleich als Stromleiter dient. Dieses Seil ist elektrisch in Abschnitte von solcher Länge zerlegt, dass z. B. die ersten Wagen des Zuges den positiven, die letzten den negativen Pol des Betriebsstromes abnehmen können und dem Motorwagen zuführen.

Für Dampflokomotiv- und Seilbetrieb sind schon seit ca. 30 Jahren Projekte und Versuchs-Ausführungen behandelt worden, ohne indes für Personenverkehr zur Geltung zu kommen. (Vergl. Brückmann, Z. d. V. d. Ing. 1895, Heft 49, S. 1453 ff.)

Im Juli 1889 fanden in der Nähe von St. Paul, Nordamerika, auf einer aus Holz erbauten Probestrecke einer elektrischen Schwebebahn so zufriedenstellende Versuchsfahrten statt, dass dem Erfinder dieser Bahn, Enos, bald darauf die behördliche Zustimmung erteilt wurde, die Städte St. Paul und Minneapolis, Minn., durch eine annähernd 43 *km* lange Hochbahn seiner Bauart zu verbinden.

Die Bauweise von Enos ist in Fig. 71 und 72 dargestellt. Die tragenden Säulen ruhen auf Granitsockeln, welche mittels vier starker Anker an schweren gusseisernen Querschwellen befestigt und ihrerseits wieder mit einem starken Betonblock verbunden sind. Die Höhe der Säulen ist so bemessen, dass die Unterkante der aufgehängten Wagen sich 4,27 *m* über dem Strassenpflaster befindet. Am oberen Ende tragen die Säulen nach beiden Seiten vorstehende konsolartige Gerüste, welche an den Enden durch eiserne Längsgitterträger miteinander verbunden sind. Diese Längsbalken tragen oben und unten Fahrschienen, von denen die obere die Last des Wagens aufnimmt, während die untere zur Verhinderung von Seitenschwankungen der Fahrzeuge dient. Vier auf dem Dache der letzteren unter 45^0 befestigte Führungsrollen legen sich gegen diese Schienen. Die Wagen hängen mittels zweier Bügel an den Achslagern der zwei oberen Treibräder; an den Bügeln sind beiderseitig elektrische Motoren von Thomson-Houston angebracht, welche unmittelbar auf die Radachsen wirken.

Der Strom wird durch die obere Laufschiene und durch die untere Führungsschiene geleitet.

Bei Thalfahrt wird mittels Handbremse, oder auch indem man den Strom auf Bergfahrt schaltet, gebremst.

Licht und Luft werden durch die Enos'schen Bahnen gewiss nicht abgehalten, auch vermindert das geringe Platzbedürfnis die Grunderwerbskosten bedeutend. Dabei ist wohl zu bemerken, dass auch für eine zweigleisige Bahn nur eine Säulenreihe erforderlich ist.

Vor wenigen Jahren hat sich Eugen Langen wieder erfolgreich mit den verschiedensten elektrischen Schwebebahn-Entwürfen befasst. Sein System der einschienigen Schwebebahnen ist durch die schematische Darstellung in Fig. 73 und 74 gekennzeichnet. Der Wagen kann um die Oberkante der Laufschiene seitlich bis zu einem Ausschlag von etwa 40^{0} frei pendeln. Die Gegenrollen, welche sich gegen die



Fig. 73.

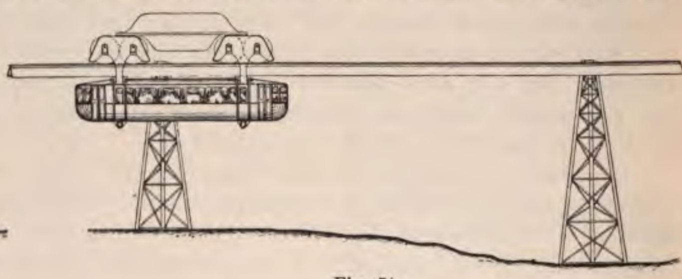


Fig. 74.

cylindrische Unterfläche des Schienenträgers legen, sobald die Laufräder sich von der Schiene abheben wollen, machen eine Entgleisung unmöglich. Unter dem Einfluss von Gewicht und Centrifugalkraft stellt sich der Wagen selbstthätig in die Richtung der Kraftresultante ein. Schwankungen infolge seitlichen Winddruckes sollen durch einen über den Laufrädern liegenden Windschirm verhindert werden, dadurch, dass beide Flächen gleichen Druck erhalten. Die Bandagen der Laufräderer erhalten infolge der Centrifugalkraft eine bedeutende Beanspruchung auf Zerreissen, der Luftwiderstand ist enorm und infolgedessen auch der Arbeitsverbrauch zur Erzielung der hohen aber technisch möglichen Geschwindigkeit von 300 *km*/Stunde. Etwas Anderes ist allerdings die Frage nach der Geschwindigkeitsgrenze, welche aus wirtschaftlichen Gründen nicht überschritten werden darf, damit die Betriebskosten noch von den Betriebseinnahmen gedeckt werden.

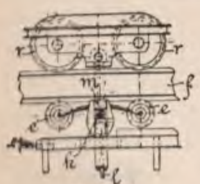


Fig. 75.

Zur Sicherung gegen Entgleisen und Schwankungen wendete Langen ebenso wie Enos besondere Gegendruckrollen an, welche von unten gegen die Laufschiene drücken. In Fig. 75 wird der von

den Rädern r freischwebend getragene Wagen durch die Gegenrollen e vor Schwankungen geschützt. Mit e wird auch die Bremsbacke m von der starken Feder k gegen f gepresst, sobald die mit der Zugstange in Verbindung stehende Stange l gelockert ist.

Da Geheimrat Langen der Schwiegervater des deutschen Reichskommissars Major Wissmann war, kann es nicht befremden, wenn er seine Schwebebahnsysteme auch dem tropischen Klima und den unkultivierten Gegenden anzupassen versuchte. Diesem Bestreben verdanken wir die im nachfolgenden beschriebene Tropenbahn, welche durch die Kontinentale Gesellschaft für elektrische Unternehmungen in Nürnberg in Wort, Schrift und Bildern bekannt gegeben wird.

Der Schienenweg besteht hier aus einem I-förmigen Träger, welcher oben und unten mit einem Schienenkopf für die Räder versehen ist. Der Träger kann entweder aus einem einzigen Walzeisen ge-

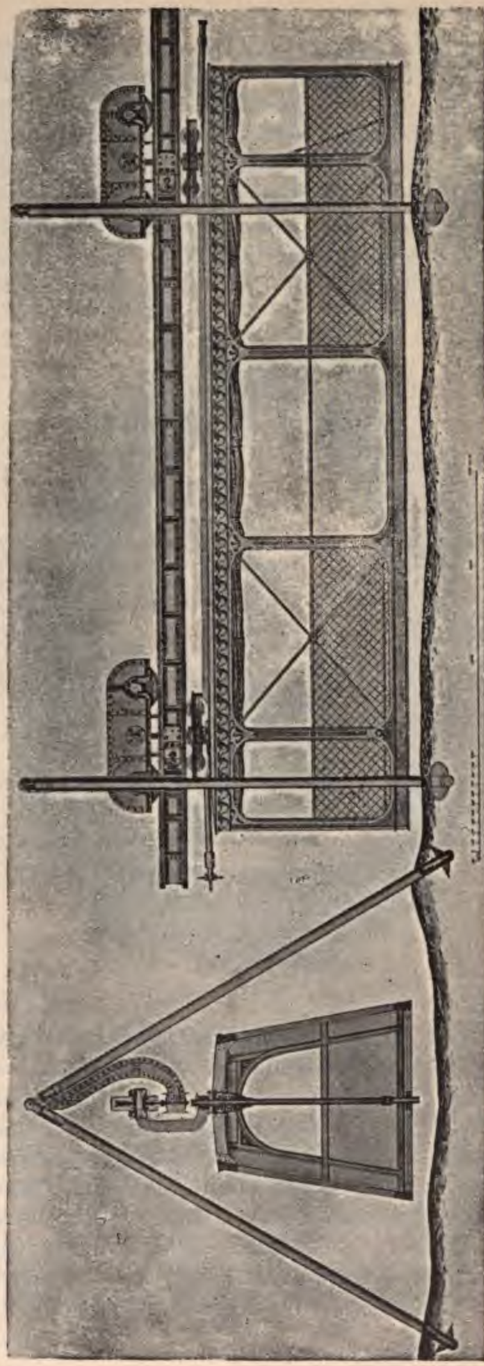


Fig. 77.

Fig. 76.

bildet oder auch aus mehreren Walzprofilen zusammengenietet werden. Die normale Unterstützung dieses Trägers ist auf Fig. 76 und 77 näher dargestellt. Zwei eiserne Röhren, an deren Stelle auch Rundhölzer verwendet werden können, endigen oben in einer gemeinsamen Kugel, auf welcher gelenkartig ein Bügel am Eisenblech lagert, der die Schiene trägt. Diese gelenkartige Verbindung zwischen den Stützen und dem Schienenträger bewirkt, dass einerseits die Stützen, mögen sie nun steiler oder flacher stehen, stets centrisch belastet werden, und deshalb sehr leicht gehalten werden können, und dass andererseits die Schiene der durch Temperaturwechsel bedingten Ausdehnung Folge geben kann. Etwa alle 200 *m* werden zwei benachbarte Stützenpaare durch schräg stehende Streben miteinander verbunden und dadurch feste Punkte gebildet, welche die ganze Bahn stabil machen und den Längsschub aufnehmen. Von diesen festen Punkten aus können sich die Schienenträger nach beiden Seiten hin frei ausdehnen, und in der Mitte zwischen je zwei festen Punkten ist eine blattstossartige Vorrichtung vorgesehen, welche eine gegenseitige Verschiebung der beiden Trägerenden gegeneinander gestattet, ohne dass dadurch eine Lücke in der Unterstützung der Laufräder eintritt. Am anderen Ende endigen die eisernen Röhren gleichfalls kugelartig und stehen in gepressten Eisenblechen, welche in den Erdboden eingegraben werden. Eine Untermauerung diese Blechteller ist nicht erforderlich. Sie brauchen höchstens etwas unterstopft zu werden, da durch ein etwa nachträglich eintretendes Senken einer der Stützen die Betriebssicherheit der Bahn in keiner Weise gefährdet wird.



Fig. 78.

Bei sehr schlechtem, sumpfigem Baugrunde genügt es, zur Verbreiterung des Fundamentes Steine einzustampfen und hierauf die Blechteller zu legen. Es empfiehlt sich jedoch hierbei, die Stützenfüsse mittels Zuganker mit einander zu verbinden, um ein seitliches Ausweichen zu verhindern. An steilen Abhängen wird die Bahn durch kranartige Stützen getragen und in Tunnels, nach Fig. 78, aufgehängt.

Die Revision der Bahn bezw. des Schienenträgers wird im allgemeinen vom Wagen bezw. von der Maschine aus bewirkt werden, wo zu diesem Zweck ein besonderer Revisionssitz angebracht wird.

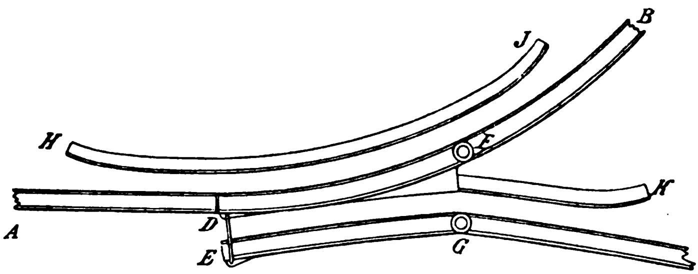


Fig. 79.

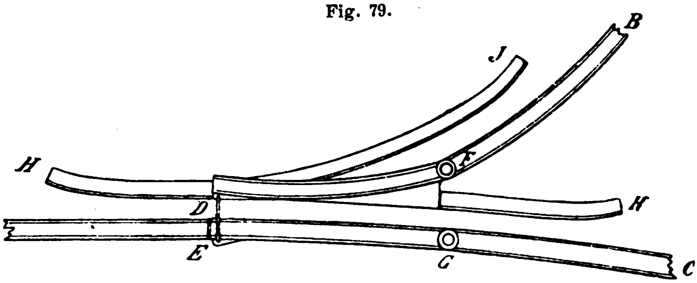


Fig. 80.

Es können jedoch an Abhängen und in Tunnels auch noch neben der Schiene Revisionsstege angeordnet werden, sodass nötigenfalls von hier aus die Revision ausgeübt, sowie kleinere Reparaturarbeit vorgenommen werden kann.

Erdarbeiten werden bei diesen Bahnarten ganz vermieden, auch für Wasserdurchlässe und kleinere Brücken sind keine besonderen Konstruktionen nötig. Bei grösseren Flüssen lassen sich durch einfache Hängewerke ausserordentlich leichte Brückenkonstruktionen herstellen.

Die Weichenanordnungen werden bei diesen Bahnen höchst einfach. Fig. 79 u. 80 stellt eine solche Weichenanlage schematisch dar.

Von den beiden voneinander abzweigenden Geleisen AB und AC sind die Gleisstücke AD, FB und GC festgelagert. Zwischen diesen Stücken bewegen sich die miteinander verbundenen Weichenzungen GE und FD drehbar um die Drehpunkte G und F. In der Weichenstellung der ersten Figur ist das Gleis AB befahrbar und die Schiene durch keinerlei Lücken unterbrochen. Zur grösseren Sicherheit wird durch HI dem Wagen eine feste Zwangsführung gegeben, wodurch bewirkt werden kann, dass bei falscher Stellung der Weiche der Wagen die Weiche selbstthätig auffährt und selbst bei zerbrochenen Weichenzungen der Wagen nicht zum Sturze kommen kann. Bei der Stellung der Weiche, welche in der zweiten Abbildung dargestellt ist, ist das Geleis AC gleichfalls ohne Unterbrechung befahrbar, und auch hier findet der Wagen-Hängebügel in dem Schlitz zwischen der Fahrschiene AC und der Zwangsschiene HK eine sichere Zwangsführung. Die Verbindung DE zwischen den beiden Weichenzungen muss natürlich eine solche Form haben, dass die Radgestelle ungehindert darunter hindurchfahren können.

Die Wagen hängen an den Schienenträgern freischwebend, sodass sie bei Einwirkung einer stärkeren Seitenkraft, besonders der Fliehkraft in den Krümmungen, genügend nachgeben können. Sie schwingen hierbei in vollkommen stossfreier Weise aus und nehmen ihre ursprüngliche Lage im Gegensatz zu von unten gestützten Gegenständen ohne besondere Vorkehrung allein vermöge der Schwerkraft gleichfalls in stossfreier Weise wieder ein. Durch Bewegung im Innern der Wagen oder durch mässigen Wind werden sie, wie durch vielfache Versuche festgestellt ist, in keine starken, unangenehm wirkenden Schwankungen versetzt. Sollten einmal durch besonders ungünstig wirkende Windstösse oder andere unvorhergesehene Umstände zu starke Schwankungen eintreten, so können diese vom Wagenschaffner ohne weiteres dadurch gehemmt und beseitigt werden, dass die unterhalb der Schienen liegenden Gegenrollen von unten an die Schienen gepresst werden. Die federnden Gegenrollen hemmen die Schwankung sofort, und zwar in sehr sanfter Weise.

Die Bremsen sind unabhängig von dem Gewichte der Wagen, weil sie die Schiene von oben und unten fassen und zusammenpressen. Es kann ihnen deshalb beliebig starke Wirkung gegeben werden. Bei den Bergbahnwagen sind ausser den Handbremsen noch selbstthätig wirkende Bremsen vorgesehen, welche sofort in Thätigkeit treten, sowie die Verbindung zwischen Lokomotive und Wagen reisst oder gelöst wird. Ein Entgleisen der Wagen wird durch die unterhalb der Schienen befindlichen Gegenrollen unmöglich gemacht. Ausserdem werden aber auch die Schienenträger von festen Teilen des Wagens von drei Seiten derartig umfasst, dass

selbst beim Bruch der Laufräder oder der Gegenrollen ohne weitgehende Zerstörung der Bahn oder der Wagen ein Loslösen und Herunterstürzen der letzteren unmöglich ist.

Ein Bruch des Schienenträgers selbst ist aber nicht zu befürchten, da derselbe infolge der günstigen Konstruktion stets nur gering beansprucht wird und selbst bei starken Seitenkräften keine übermässigen Nebenspannungen erhalten kann.

Die Lokomotiven können zwar beliebige Betriebsart erhalten, erwünscht ist jedoch, möglichst leichte Lokomotiven zu bauen, da dies für die Gesamtkosten der Bahnanlage von wesentlicher Bedeutung ist. Das System hat den grossen Vorteil, dass die Adhäsionskraft ganz unabhängig von dem Lokomotivgewichte ist, weil auch unterhalb der Schienen Antriebräder angebracht sind, welche je nach der erforderlichen Zugkraft selbstthätig von unten nach oben drücken.

Ein weiterer Vorzug der Schwebebahn ist der, dass sehr enge Krümmungen bis zu 8 *m* Halbmesser herab durchfahren werden können, und zwar mit verhältnismässig grosser Geschwindigkeit. Während bei der Erdbahn (Standbahn) den Wirkungen der Fliehkraft durch Überhöhung der einen Schiene nur unvollkommen entgegengearbeitet werden kann, weil eine solche Schienenüberhöhung immer nur für eine bestimmte Fahrgeschwindigkeit richtig ist, bewirkt bei der Schwebebahn die schwebende Aufhängung, dass der Wagen beim Durchfahren von Krümmungen sich selbstthätig in die jeweilige Kraftrichtung einstellt, welche sich aus Gewicht und Fliehkraft ergiebt. Mit Rücksicht auf die Gefahr der Entgleisung beträgt für eine Standbahn von 75 *cm* Spurweite die höchste zulässige Fahrgeschwindigkeit in Krümmungen von 100 *m* Halbmesser nur 25 *km* und in Krümmungen von 50 *m* gar nur 18 *km* in der Stunde. Bei Schwebebahnen kann man in den Krümmungen eine ganz erheblich grössere Geschwindigkeit einführen. Würde man hier in den gleichen Krümmungen mit der doppelten Fahrgeschwindigkeit fahren, wie bei Standbahnen überhaupt zulässig erscheint, also mit 50 *km* in Krümmungen von 100 *m* und mit 36 *km* in Krümmungen von 50 *m* Halbmesser, so würde die Ausschwingung der Wagen aus der Senkrechten nur 12° betragen. Auf den mit Schwebebahnwagen befahrenen Versuchsstrecken ist aber festgestellt, dass selbst bei einer Schiefstellung der Wagen bis zu 25° die Bahn mit grosser Sicherheit durchfahren werden kann, und dass dabei im Wagen freistehende Personen keinerlei Unannehmlichkeiten empfinden.

Die Herstellungskosten beschriebener Tropenbahnen werden sich in sehr vielen Fällen erheblich niedriger stellen wie diejenigen einer gleich leistungsfähigen Standbahn, nicht nur dann, wenn bei

solchen wegen zu grosser Steigung Zahnstangen verwendet werden müssen, sondern auch überall da, wo schwierige Erdarbeiten auszuführen sind und wo viele kleinere Brücken und Durchlässe erforderlich werden, welche Standbahnen sehr verteuern, dagegen Schwebebahnen keine Schwierigkeiten bereiten. Da Erd- und Kiesarbeiten bei Schwebebahnen nur in geringem Masse erforderlich sind, so richten sich die Herstellungskosten fast ausschliesslich nach den Eisenpreisen. Verwendet man eiserne Rohre für die Stützen, sodass also die ganze Bahnkonstruktion aus Eisen besteht, so sind bei einer Bahn für 2 *t* Wagen für 1 *m* Bahnlänge 70 *kg* und für eine Bahn mit 4 *t* Wagen 120 *kg* Eisen erforderlich. Die Träger von immer gleicher Länge, bestehen aus einem Walzprofil, welches nur an den Enden für Stoss- und Gelenkverbindungen bearbeitet zu werden braucht. Für die Stützen braucht man nur Rohre von drei bis vier verschiedenen Längen, und die Kopf- und Fussstücke der Stützen, sowie die Fussplatten und die Hängebügel sind stets einander gleich, sodass man nur sehr wenig verschiedene Stücke herzustellen braucht. Die Herstellung muss deshalb einfach und billig werden, und da die Teile nicht nur für eine bestimmte Anlage, sondern auch für andere Schwebebahn-Ausführungen Verwendung finden können, können die Teile sogar auf Vorrat gearbeitet werden.

Bei kleineren Ausführungen wird sich zwar, da es sich um neue Formen handelt, der Einheitspreis verhältnismässig hoch stellen, bei Ausführungen im grossen aber wird sich die Bahn nach der Kalkulation der Fabrik zu einem Einheitspreise von 200—250 *M* für 1 *t* Eisen herstellen lassen. Es würde dann das gesamte Baumaterial für 1 *km* Bahnlänge bei Bahnen für 2 *t* Wagen 14—18 000 *M* und bei Bahnen für 4 *t* Wagen 24—30 000 *M* kosten. Für Fracht, Montage und Anstrich kann man 4—6000 *M* für 1 *km* in Anrechnung bringen. Die Kosten für die Einrichtung des elektrischen Betriebes einschliesslich der Betriebsmittel sind abhängig von dem Verkehr und der Leistungsfähigkeit der Bahn und sind z. B. für die Centralbahn in Ostafrika bei 2 *t* Wagen auf 4—6000 *M* und bei 4 *t* Wagen auf 8—11 000 *M* für 1 *km* Bahn berechnet.

Die Gesamtherstellungskosten der Bahn einschliesslich der Einrichtung des elektrischen Betriebes und einschliesslich der Betriebsmittel würden hiernach bei grossen Ausführungen und bei zutreffender Schätzung der Eisenpreise für 2 *t* Wagen 25—30 000 *M* und bei 4 *t* Wagen 45—50 000 *M* für 1 *km* Bahnlänge betragen.

Vergleicht man hiermit die Herstellungskosten von Standbahnen, so wird es zwar Bahnen geben, die ebenso billig oder womöglich noch billiger hergestellt werden, in den meisten Fällen wird man

aber wesentlich höhere Beträge ermitteln. Nach der Statistik des Reichs-Eisenbahnamtes betragen die durchschnittlichen Kosten von Schmalspurbahnen 78000 ℳ für 1 *km*. Es sind dieses Anlagen für Dampfbetrieb, wollte man elektrischen Betrieb auf diesen Bahnen einrichten, würden sich die Kosten erfahrungsgemäss auf etwa 100000 ℳ erhöhen.

Noch viel höher werden bei Standbahnen die Herstellungskosten, falls die Steigungen so gross sind, dass Zahnstangen eingelegt werden müssen. Nach Walloth (Zahnradbahnen der Schweiz) betragen die Anlagekosten für Zahnradbahnen 200—700000 ℳ für 1 *km*. Bei Schwebebahnen sind Bergbahnen nur verhältnismässig wenig teuerer wie Bahnen in der Ebene.

Im allgemeinen ergiebt sich aus den vorstehenden Darlegungen, dass nicht nur bei Bergbahnen, sondern auch in sehr vielen Fällen bei Bahnen in der Ebene und im Hügelland die Schwebebahnen geringere Kosten verursachen würden, wie Standbahnen gleicher Leistungsfähigkeit.

Der Londoner Korrespondent der ETZ berichtete von einem der bemerkenswertesten Projekte, welches in neuerer Zeit behufs Erzielung einer sehr hohen Geschwindigkeit im Eisenbahnverkehr aufgestellt worden ist. Dasselbe ist von Herrn F. B. Behr in Verbindung mit den Herren Lartigue und L. Finet in seinen Einzelheiten ausgearbeitet worden, und wird als »lightning express railway service« bezeichnet, weil es Geschwindigkeiten von 190 bis nicht weniger als 240 *km* i. d. Stunde vorsieht. Aus seinen vorgängigen Berechnungen schliesst Herr Behr sehr richtig, dass man nicht daran denken könne, auf bestehenden Linien grössere absolute Geschwindigkeiten als 130 *km* i. d. Stunde oder eine mittlere Geschwindigkeit von etwa 90 *km* zu erreichen, und dass es, um mit Geschwindigkeiten von 190 bis 240 *km* i. d. Stunde auf Linien des gewöhnlichen Typus zu fahren, erforderlich sein würde, neue Linien von besonderem Charakter und mit besonderem rollenden Material zu bauen, die jedoch Ausgaben erfordern würden, welche mit der Grenze der Betriebsausnutzung dieser Linien in keinem Verhältnis stehen und auch dann noch Elemente grosser Unsicherheit darbieten würden. Als Typus einer Bahnanlage, welche für sehr hohe Geschwindigkeiten geeignet und zu gleicher Zeit hinreichend billig herzustellen ist, um praktisch ausgeführt werden zu können, weist der Verfasser auf das von Lartigue erfundene elektrisch betriebene Einzelschienensystem hin. Das Lartigue'sche System, aber mit Dampf betrieben, ist schon seit einigen Jahren auf einer 15 *km* langen Linie von Listowel nach Ballybunion in Irland im Betriebe und eine ähnliche Linie von Fleurs nach Panissières im Departement

Loire in Frankreich wird demnächst dem Verkehre übergeben werden. Das Lartigue'sche Einzelschienensystem besteht im wesentlichen aus einem Tragbalken, welcher eine doppelköpfige Schiene trägt und auf stählernen Böcken ruht, die mit einer Grundschwelle verbunden sind. 70 *cm* unterhalb der Oberkante der Schiene sind die Böcke durch Querarme versteift, welche auf jeder Seite eine stählerne Führungsschiene tragen. Diese Führungsschiene hat den Zweck, das Gleichgewicht des Wagens zu sichern, welcher auf eine Längsmittelplatte gesetzt ist und auf einer einzigen Reihe von Rädern über die Achse des keilförmigen Gerüstes läuft. Der Bahnoberbau hat daher einen kontinuierlichen dreieckigen Querschnitt und ist in der Länge und Quere nach an den Böcken durch Balken versteift. Besondere Konstruktionen sind beim Übergange über Strassen, oder Flüsse Schluchten sowie bei Kurven vorgesehen.

Jeder Wagen würde mit mehreren Elektromotoren ausgerüstet werden, sodass er von einer elektrischen Lokomotive unabhängig ist. Die Haupteigentümlichkeit des Wagens ist ein Gestell, welches auf mehreren Rädern ruht, die an derselben Längsachse angebracht sind. Zu beiden Seiten dieses Gestelles sind die Abteile angebracht, welche über den mittleren keilförmigen Teil hinweg mittels an jedem Ende befindlicher Stiegen miteinander in Verbindung stehen. Haben die Räder einen Durchmesser von 1,4 *m* und sind dieselben paarweise am Untergestell angebracht, so ist die Zahl der Umdrehungen, welche zur Erreichung einer Geschwindigkeit von 250 *km* pro Stunde erforderlich ist, 720 pro Minute. Diese Geschwindigkeit gestattet, die Elektromotoren direkt mit jeder der Triebachsen zu kuppeln. Der Strom wird mittels eines Armes abgenommen, der an dem Wagen befestigt ist und in einen Kanal hineinragt, welcher einen blanken Leiter enthält, der durch den Stromabnehmer in die Höhe gehoben wird. Dieser Eisenbahnexpressdienst soll zunächst die bestehenden Eisenbahnen unterstützen und die Anlagen sollen längs der letzteren hergerichtet werden und würden ausschliesslich für den Personenverkehr bestimmt sein. Im Nachfolgenden sind einige Beispiele der Entfernungen und der erforderlichen Fahrzeiten bei Geschwindigkeiten von 190 und 240 *km* pro Stunde zwischen einigen Hauptorten der Erde gegeben:

	km	Fahrzeit bei 190 *km* Geschwindigkeit	Fahrzeit bei 240 *km* Geschwindigkeit
Von London nach			
Brighton	80	0 h 25′	0 h 20′
Liverpool	323	1 h 41′	1 h 21′
Edinburgh	640	3 h 20′	2 h 40′
Von Berlin nach			
Hamburg	283	1 h 29′	1 h 10′
Köln	576	3 h 0′	2 h 24′
München	648	3 h 23′	2 h 42′

Von Paris nach	km	Fahrzeit bei 190 km Geschwindigkeit	Fahrzeit bei 240 km Geschwindigkeit
Rouen	134	0h 42'	0h 34'
Marseilles	856	4h 28'	3h 34'
Calais	296	1h 32'	2h 14'
Von New-York nach			
Chicago	1458	7h 33'	6h 7'

Dieses Projekt für einen Eisenbahnschnellverkehr nimmt sich allerdings auf dem Papier recht imposant ist, aber obwohl es als praktisch und ökonomisch hingestellt wird, eilt es doch der Zeit zu weit voraus und die Ausführung desselben darf man getrost der Zukunft überlassen.

b) Zweischienige Schwebebahnen.

Während die vorige Type der Schwebebahnen zum Vorläufer die Seilschwebebahnen hatte, können die zweischienigen Bahnen mit den Krananlagen verglichen werden, bei denen die Kranlaufschienen auf sehr schmale Spur zusammengezogen sind. Als interessantes Beispiel kann der patentierte Aspinall'sche, von der Firma Mather & Platt, Ltd., Manchester, gebaute Apparat bezeichnet werden. Derselbe ist sowohl für Hebe- als auch für Transportzwecke bestimmt und wird in dem Viktoria-Bahnhofe in Manchester zum Einsammeln und Befördern von Gepäckstücken zwischen den verschiedenen Bahnsteigen verwendet.

Der Fahrkran ist zum Heben von 750 *kg* Gepäck bestimmt, wobei die Hubgeschwindigkeit 7,5 *m*/Minute und die Fahrgeschwindigkeit 12,60 *km*/Stunde beträgt. Der Motor wird mit Gleichstrom von 100 bis 110 Volt gespeist.

Der Apparat ist in Fig. 81 dargestellt und besteht im wesentlichen aus einem Elektromotor, welcher auf einer Schienenanlage montiert ist. Letztere trägt die Triebräder und das Triebwerk zum Aufziehen, Herablassen und zum Transport, ferner auch den Sitz für den Wärter. Die Triebräder sind doppelflanschig und laufen auf einem schmalspurigen Schienenweg, der an der Dachkonstruktion aufgehängt ist. Die Räder sind von den Achsen sowohl, wie von allen anderen Teilen des Krans isoliert, da die Stromzuführung durch die Schienen stattfindet. Die Schienen sind deshalb auch von ihrer Aufhängevorrichtung isoliert. Der zum Antrieb erforderliche Strom beim Aufzug einer Last von 500 *kg* beträgt 40 Ampere und sinkt schnell auf 15 Ampere herab. Die schmale Spurweite für den Motor und die nur wenig Raum einnehmende Schienenanlage ermöglichen es, dass der Apparat auch nach abgelegenen kleinen Räumen eines Speichers u. s. w. geleitet werden kann. Die

[illegible] in Anwendung kommende Type ist für das [illegible] Gewicht von 750 *kg* gebaut; der Apparat kann aber [illegible] Last hergestellt werden. Ein Umschalter in [illegible] mechanischen Kuppelung setzt den Wärter in den Stand, nach Belieben aufzuziehen, herabzulassen oder zu fahren. Da der Apparat zu gleicher Zeit den Wärter trägt, kann dieser von oben herab die Bahnsteige bequem übersehen und das Gepäck auch bei Menschenandrang ohne Belästigung des Publikums schnell befördern.



Fig. [illegible]

Dieser Laufkran ist seit längerer Zeit in der Viktoria-



Fig. [illegible]

[illegible] Yorkshire-Eisenbahn in Manchester [illegible] im Gebrauch und hat sich gut bewährt. [illegible] Schwebebahnen werden charakterisiert [illegible] bezw. der Kontinentalen [illegible] Unternehmungen in Nürnberg und [illegible] Anordnung, welche grosse Ähnlichkeit [illegible]

Das Schema der ersteren stellt Fig. 82 und 83, das der letzteren Konstruktion Fig. 84 und 85 dar.

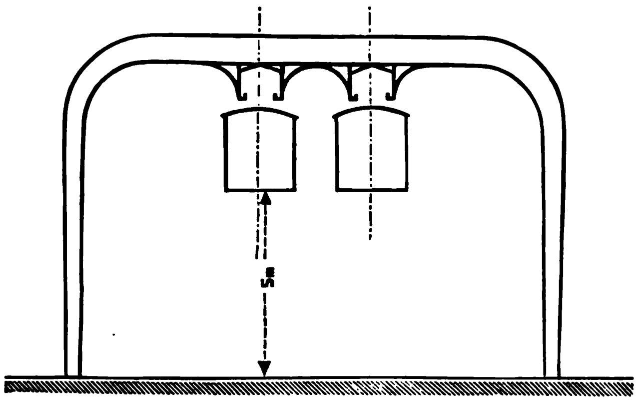


Fig. 83.

Die Streitfragen über die Vorzüge der einen und der anderen Anordnung haben seiner Zeit sehr viel von sich reden gemacht und endeten schliesslich in einer Gleichberechtigung beider Systeme.

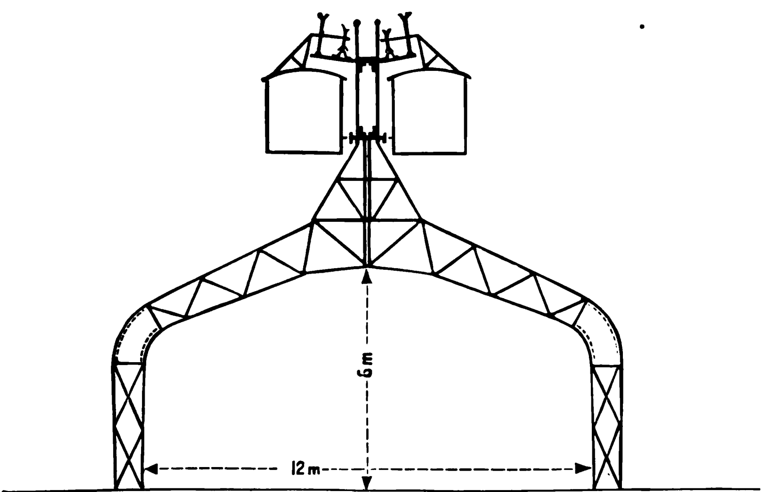


Fig. 84.

Da wo sich zur Erbauung der Schwebebahn geeignete Strassen vorfinden, kann eine Anordnung nach Fig. 83 u. 84 gewählt werden. Hier sind die Bogenstützen in vorhandene Baumreihen gestellt, sodass deren Standpunkt dem Auge nach Möglichkeit verdeckt ist. In

der Mitte des Bogens hängen zwei kastenförmige, das Gleis fassende Gitterträger, innerhalb welchen der schmalspurige Motor- und Tragwagen sich befindet.

Während nun die Langen'sche Schwebebahn analog allen bisher ausgeführten und projektierten Hochbahnen nach dem Prinzip angelegt ist, dass der zu befördernde Wagen sich über, bezw. in diesem Falle, unter der Lauf- und Tragschiene befindet, mithin die Schwerlinie zwischen die Lauf- oder Tragschiene fällt, bezweckt die Müller-Dietrich'sche Konstruktion, derartige Bahnen dadurch zwangläufig zu machen, dass die Wagenkasten seitlich ihrer Schwerlinie aufgehängt werden und die lotrechte Stellung der Wagen durch seitliche Führungsräder gesichert wird. Die oberen Laufräder werden dabei soweit schräg gestellt, dass ihre Mittellinie durch den Schnittpunkt der Schwerlinie des Wagens und der Auflagereaktion der Führungsräder geht. Die infolge einseitiger Belastung der Wagen entstehenden Drehungsmomente werden von den Doppelflanschen der oberen Laufräder und den unteren Führungsrädern aufgenommen. Das Mass der Abweichung der Laufräder von der Wagenmitte ist durch die Bedingung bestimmt, dass der Grösstwert der Fliehkraft in den schärfsten Kurven den Druck auf die wagerechten Räder nicht unter Null bringen darf. Der Träger wird durch die seitliche Belastung nicht nur auf Biegung, sondern auch auf Torsion beansprucht und muss deshalb irgendwie als räumliches Stabwerk ausgebildet werden.

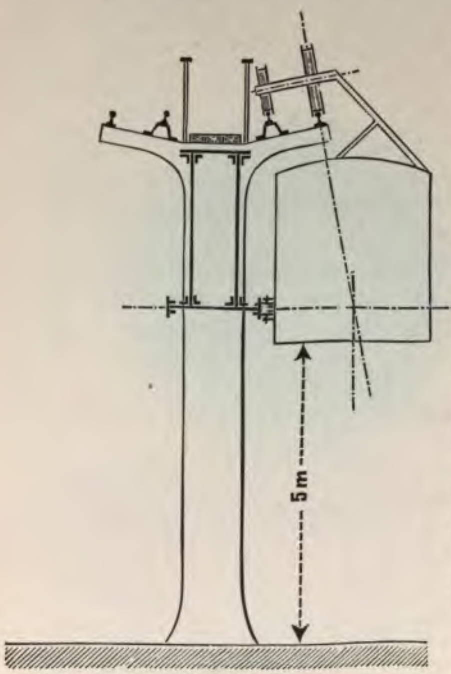


Fig. 85.

Aus den Dietrich'schen Anordnungen ergiebt sich zunächst der Vorteil, dass willkürliche Seitenschwankungen der Wagen vermieden werden, wie solche sich beispielsweise bei einer nur mit vertikalen Laufrädern ausgeführten Schwebebahn dann ergeben werden, wenn kleine, technisch kaum zu vermeidende Unregelmässigkeiten in der Höhenlage der beiden oberen Tragschienen vorkommen; es steht

bezüglich letzterer Bahnanlage zu befürchten, dass sogar ein starkes seitliches Hin- und Herschaukeln der Wagen dann eintreten kann, sobald in gerader Strecke solche Unregelmässigkeiten in der Höhenlage der Schienen zufällig in regelmässiger Folge bald auf der einen, bald auf der anderen Schiene vorkommen.

Für den Fall einer hochliegenden zweigleisigen Strassenbahn, wie solche in Fig. 85 zur Darstellung gebracht worden ist, ergiebt sich aus der Konstruktion der Vorteil, dass das Traggerüst einer solchen Bahn auch bei grossem Abstande der Stützen mit geringem Materialaufwande hergestellt werden kann, und dass beispielsweise statt der bei der Schwebebahn mit vertikalen Laufrädern notwendigen vier Längsträger, nur ein solcher Träger erforderlich ist, auf welchem die kurzen Querschwellen und die Tragschienen (je eine Tragschiene für jedes Gleis) unmittelbar aufliegen. Dabei ist Zwangläufigkeit der Wagen völlig erreicht. Durch die freie Lage der oberen Laufräder kann für diese Räder, im Gegensatze zu anderen Anordnungen, ein beliebig grosser Durchmesser angenommen werden, woraus sich Vorteile für die Konstruktion des Motors ergeben.

Diese, auf der äusseren Tragschiene laufenden Räder werden angetrieben, während die kleineren Räder nur Laufräder sind und zum Tragen des Triebmotors dienen. Letztere müssen auf den Achsen lose sitzen und nach Belieben auch mit kleinerem Durchmesser auf höher liegender Schiene laufen. Der Antrieb der äusseren Lauf- und Triebräder kann aber auch von einem auf dem Wagen selbst angeordneten Motor erfolgen, in welchem Falle die inneren Schienen auf dem Träger fortfallen und statt der doppelten Triebräder nur einfache Räder verwendet werden können.

Die Bedienung des Motors erfolgt, wie auch bei der Langen'schen Bahn, vom Wagen aus, während für die Revision der beschriebenen Bahn ein Laufsteg oberhalb des Trägers mit leichtem Seitengeländer angeordnet ist.

Die unteren Führungsräder sind in den Scheidewänden der Wagenabteile unterhalb der Sitze so angeordnet, dass sie nur um ein kleines Mass aus der Wagenwand hervorragen; dieses Mass hängt von der Länge der Wagen und dem Radius der kleinsten Kurven ab, derart, dass die Wagenwände niemals den Träger berühren dürfen.

Um die Stösse dieser kleinen Führungsräder zu mildern, können dieselben mit starken Gummibandagen versehen werden, was unbedenklich erscheint, weil die Räder nur mit geringem Druck, der horizontalen Gewichtskomponente entsprechend, belastet sind.

Beim Betriebe der Schwebebahnen wird es vorkommen, dass betriebsunfähig gewordene Wagen vom Gleise entfernt werden müssen,

und da dieses schnell geschehen muss, um den übrigen Verkehr nicht zu behindern, und da hier nicht, wie bei der Niveaubahn (Strassenbahn), ein Übergangsgleis geschaffen werden kann, scheint eine einfache Lösung dadurch gefunden zu sein, dass man entweder vermittelst eines auf der Strasse zur Unfallstelle heranfahrbaren Kranwagens den fraglichen Wagen von unten abhebt oder vermittelst Ketten und Flaschenzug denselben von oben hinunterlässt.



Fig. 86.

Die bisher an die Öffentlichkeit gedrungenen Konstruktionen der Dietrichschen Schwebebahn lassen noch nicht erkennen, wie die Konstrukteure sich das Einmünden einer Seitenlinie in die Hauptlinie, bezw. wie sie sich die Einschaltung einer Weiche gedacht haben. Die Lösung dieser Aufgabe, die sicherlich in Betracht kommen muss, wenn man die Strassenbahnen durch die Schwebebahnen ersetzen will, scheint nur mit Hilfe von Schleppweichen möglich zu sein, wobei der ganze kastenförmige Gleisträger die Schleppbewegung mitmachen muss. Kreuzungen zweier Linien lassen sich dadurch

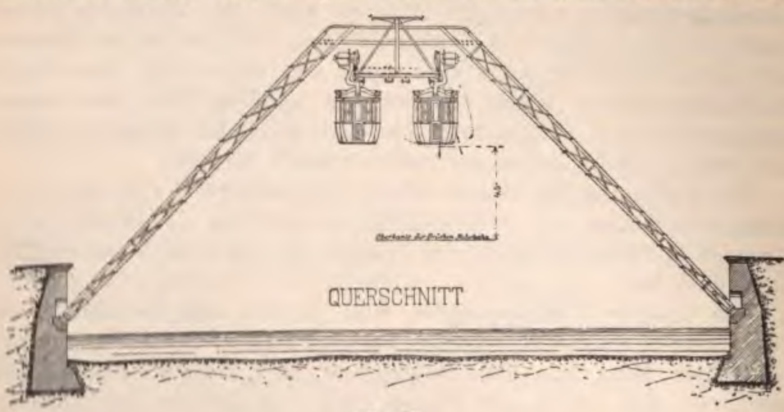


Fig. 87.

am einfachsten bewerkstelligen, dass die Wagen übereinander weggeführt werden.

Die Schwebebahnen sind für die Personenbeförderung noch in der Entwickelung begriffen und es muss daher unterbleiben, Kritik in der einen oder anderen Richtung zu fällen. Es wird, wie anfangs angedeutet, auch für diese Bahnarten Verhältnisse geben, welche auf die betreffenden Konstruktionen hinweisen, zumal bei An-

wendung der elektrischen Zugkraft besonders günstige Bedingungen erfüllt sind.

In den Figuren 86 und 87 sind die bei der Barmen-Elberfelder Schwebebahn angewandten Trägerkonstruktionen schematisch angedeutet. Diese Bahn, welche anfangs als zweischienige geplant war, wurde doch nur als einschienige ausgeführt. Teils führte die Bahn über Strassen hinweg (Fig. 86), teils ist sie über dem Bett der Wupper (Fig. 87) errichtet.

Während der Drucklegung dieses Werkes ist die erste Strecke der Schwebebahn in Elberfeld eröffnet worden. Die ganze Bahn wird 13.3 *km* lang, davon befinden sich 10.3 *km* über der 25—30 *m* breiten Wupper und 3 *km* über städtischen Strassen.

Die gesamte Anlage ist von der Kontinentalen Gesellschaft für elektrische Unternehmungen in Nürnberg in Generalunternehmung an die Elektrizitäts-Aktien-Gesellschaft vorm. Schuckert & Co. in Nürnberg übergeben, von der wiederum die Lieferung der Wagen an die Eisenbahn-Waggonfabrik van der Zypen & Charlier, Köln-Deutz und der gesamte Bahnbau an die Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft Nürnberg, jetzt Vereinigte Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbaugesellschaft Nürnberg vergeben worden ist.

Für die Elberfelder Hochbahn sind Führerwagen und Anhängewagen vorgesehen, welche sich allerdings nur dadurch unterscheiden, dass in dem Führerwagen am vorderen Wagenende ein Führerstand mit elektrischem Regulator und Hauptausschalter angebracht ist, während im Anhängewagen der gleiche Raum für vier Stehplätze ausgenutzt ist. Beide Wagen sind in gleicher Weise mit Motoren und Bremsen ausgestattet, sodass beliebig lange Züge verwendet werden können, ohne dass dadurch die Fahrgeschwindigkeit oder die Schnelligkeit des Anhaltens und Anfahrens eine Einbusse erleidet. Auf der Elberfelder Bahn sollen zunächst Züge von zwei Wagen fahren, jedoch ist die Anlage so vorgesehen, dass die Haltestellen leicht für Zuglängen von vier Wagen erweitert werden können.

Die Wagen sollen 30 Sitzplätze und 15—20 Stehplätze erhalten. Zu beiden Seiten eines Mittelganges sind Querbänke zusammen für je drei Personen angeordnet.

Thüren sind bei der Elberfelder Hochbahn für den gewöhnlichen Verkehr nur auf einer Seite der Wagen nötig, da auf allen Haltestellen in gleicher Weise Aussenbahnsteige vorgesehen sind. Die Thüren auf der anderen Seite der Wagen sind für gewöhnlich verschlossen und werden nur dann benützt, wenn bei Betriebsstörungen die Fahrgäste von dem einen Gleise in die Wagen des Nebengleises

übergehen sollen. Ebenso werden die Thüren an den Kopfseiten der Wagen nur in Notfällen benutzt.

Der Wagenkasten hat eine Breite von 2.1 *m* und eine Länge von 11.3 *m*, und der Zwischenraum zwischen den Stirnwänden zweier zusammengekuppelter Wagen beträgt 0.7 *m*. Um mit diesen langen Wagen leicht enge Krümmungen durchfahren zu können, hat jeder Wagen zwei Drehgestelle, welche einen Abstand von 8 *m* haben. Jedes Drehgestell hat zwei Laufachsen, zwischen denen je ein elektrischer Motor angebracht ist.

Die beiden Motoren eines jeden Wagens leisten bei 500 Volt Spannung je 25 PS. Die Leistung kann in ähnlicher Weise wie bei den Strassenbahnmotoren in vielfacher Weise abgestuft werden. Die normale Umdrehungszahl beträgt 940 in der Minute, woraus sich bei einer Übersetzung von 1 : 4 und einem Laufraddurchmesser von 900 *mm* eine normale Fahrgeschwindigkeit von 40 *km* in der Stunde ergiebt. Die Gesamtgeschwindigkeit hängt von der Entfernung der einzelnen Stationen, sowie von der Dauer des Aufenthaltes ab. In Elberfeld, wo die mittlere Stationsentfernung 700 *m* beträgt, wird voraussichtlich einschliesslich der Aufenthalte eine Fahrgeschwindigkeit von mehr als 25 *km* in der Stunde erreicht werden. Wahrscheinlich wird sich bei weiteren Ausführungen empfehlen, eine normale Geschwindigkeit von 50 *km* anzunehmen, um die Gesamtgeschwindigkeit noch weiter zu erhöhen.

Von den vollkommen eingekapselten Zahnrädern bestehen die grösseren aus Stahlguss und die kleineren aus Bronze, eine Anordnung, welche sich hinsichtlich der Dauerhaftigkeit und Geräuschlosigkeit bisher als die beste erwiesen hat.

Bremsung kann in vierfacher Weise ausgeführt werden:

1. Luftdruckbremse nach dem System Westinghouse, welche auf alle Laufräder wirkt und vom Führerstande aus bethätigt wird. Die komprimierte Luft wird mit Hilfe von Elektromotoren erzeugt, in zwei Luftbehältern aufgespeichert und durch Rohrleitungen mit Schlauchkupplungen nach den einzelnen Bremscylindern geleitet.

2. Notbremse, welche aus Bremsschuhen besteht, die auf die Schienen gepresst werden.

3. Elektrische Bremsung, durch Schaltung der Motoren als Generatoren zur Erhaltung bestimmter Geschwindigkeit im Gefälle.

4. Elektrische Bremsung durch Schaltung der Motoren auf Rückstrom zur Erzielung sehr schneller Bremsung.

Alle Bremsen werden vom Führerstande aus bethätigt. Die Luftdruckbremse kann, falls es sich als notwendig erweist, leicht so eingerichtet werden, dass sie auch von den Schaffnern oder selbst auch von den Fahrgästen bethätigt werden kann.

Als Schienen werden bei der Elberfelder Stadtbahn Haarmann'sche Blattstossschienen verwendet, welche mittels Unterlagplatten und mit einer Filzzwischenlage auf dem Schienenträger befestigt sind. Der Schienenträger hat eine Doppel-T-Form und ist in seiner unteren Fläche nach einem um den Schienenkopf beschriebenen Kreis begrenzt, wodurch erreicht wird, dass auch beim Ausschwingen des Wagens die den Schienenträger umfassenden Teile des Wagens stets gleich geringen Spielraum behalten, in jeder Lage des Wagens Entgleisungen unmöglich machen und gleichwohl das freie Ausschwingen des Wagens nicht behindern.

Bei der Schwebebahn kommen im allgemeinen drei verschiedene Stützenanordnungen in Frage. Die Einzelstütze, die Portalstütze und die schräg stehende Stütze.

Die Einzelstütze, welche nur in der Mitte von breiten Strassen oder auf Plätzen passend erscheint, kommt bei der Anlage Barmen-Elberfeld nicht vor, dagegen kommen die Portalstützen auf einer Länge von mehr als 3 *km* in den Hauptstrassen von Sonnborn und Vohwinkel und die schräg stehenden Stützen auf der ganzen übrigen Strecke auf der Wupper zur Ausführung.

Die Portalstütze ist in solchen Strassen am Platze, deren Fahrdamm frei bleiben muss oder von Strassenbahnen besetzt ist. Die Stützen kommen zweckmässig auf die Kanten der Bürgersteige zu stehen, etwa in die Linie, in der die Strassenlaternen sowie die Säulen für die Strassenbahnleitungen zu stehen pflegen. Es können dann die Strassenlaternen und Leitungen an den Portalstützen befestigt werden, sodass die bisherige Strassenfläche für den Verkehr ganz ungeschmälert bleibt.

Besonders günstig sind die Portalstützen in den Alleestrassen. Es können dann diese Stützen in die Reihen der Bäume gesetzt werden, sodass sie dem Auge gar nicht auffallen und die Bahn kommt in solchen Strassen wegen ihrer Höhe so zwischen die Bäume zu liegen, dass sie selbst im Winter nahezu verschwindet.

Die Stützen sollen bei allen drei Anordnungen im allgemeinen als Pendelstützen ausgebildet werden, sodass sie durchweg sehr leicht gehalten werden können. Der Längsschub der Bahn wird dann alle 2—300 *m* durch eine besondere Anordnung von festen Ankerjochen aufgehoben.

Es steht aber auch nichts entgegen, je zwei benachbarte Stützen miteinander zu verbinden und von ihnen den Längsschub aufheben zu lassen, und dann zwischen je zwei miteinander verbundenen Stützen nach Art des Trägersystems von Gerber einen Zwischenträger aufzuhängen.

Die Bahnträger für die Elberfelder Schwebebahn sind sowohl über der Wupper, wie auch über den Strassenstrecken in einheitlicher Weise nach einem von der ausführenden Brückenbauanstalt, der Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft Nürnberg, erfundenen Tragwerke, D. R.-P. No. 91642 ausgebildet. Dieser Träger besteht aus einem in der Mitte liegenden Längsträger, welcher oben und unten durch einen Horizontallinienträger versteift ist. Die obere Gurtung dieses Trägers ist auseinander gezogen, sodass die beiden Gurthälften direkt die Gurtung des oberen Horizontalträgers bilden, während die Gurtung des unteren Horizontalträgers durch die Schienenträger gebildet wird.

In den Krümmungen geht der Träger gerade durch, während die Schienenträger und damit der untere Horizontalträger in den Krümmungen gekrümmt sind. Dass auf diese Weise für beide Gleise nur ein einziger Träger erforderlich ist, ist nicht nur günstig für die erforderliche Eisenmasse, sondern es giebt diese Konstruktion auch in der perspektivischen Ansicht stets ein leichtes und klares Bild. Während die Eisenkonstruktionen mit mehreren Querträgern wegen der vielfachen und unregelmässigen Überkreuzungen von Eisenstäben fast immer wirr und unklar aussehen, muss im Vergleich zu anderen Hochbahnen das klare, leichte und durchsichtige Aussehen der Schwebebahnkonstruktion angenehm auffallen. Die gesamte Breite der Bahnkonstruktion beträgt 4 *m*. Es ist diese Breite so gewählt, dass in den vorkommenden engen Krümmungen zwischen zwei einander begegnenden Wagen noch genügend Zwischenraum bleibt. Da bei der Elberfelder Hochbahn sehr viele Krümmungen vorkommen, ist diese sich in den Krümmungen ergebende Breite auch in den geraden Strecken beibehalten worden. Bei Bahnanlagen in Strassen, bei denen hauptsächlich gerade Linien vorkommen, würde man zweckmässig die Bahnkonstruktion noch schmäler halten können. Es ist dies wesentlich für das gute Aussehen und dafür, dass die Bahn der Strasse wenig Luft und Licht entzieht.

Zwischen den beiden Fahrschienen lässt sich ein bequemer und zweckmässig gelegener Revisionssteg anlegen. Je nach Art und Lage der Bahn kann entweder eine wasserdichte oder eine weniger verdunkelnde Decke gewählt werden. Liegt die Bahn dauernd über belebten Fusswegen, so wird eine wasserdichte Abdeckung zu empfehlen sein. Bei der Schwebebahn Barmen-Elberfeld, die entweder über der Wupper oder in der Mitte über den Fahrdämmen liegt, wird der 4 *m* breite Raum zwischen den Schienen nur in einer Breite von 2 *m* mit Bohlen abgedeckt.

Die Haltestellen liegen in einer durchschnittlichen Entfernung von 700 *m*. Bei allen Haltestellen werden die Gleise unverändert

durchgeführt und seitwärts von den Gleisen Bahnsteige angeordnet. Dieselben sind vollkommen überdacht und seitlich mit Glaswänden versehen. Desgleichen sollen die Treppen, welche zu den Haltestellen führen, überdacht werden. Hinsichtlich der Treppen ist hervorzuheben, dass dieselben wesentlich kürzer sind, wie die Haltestellentreppen bei den gewöhnlichen Hochbahnen. Bei der Schwebebahn liegt die Unterkante der Wagenkasten direkt über der frei zu haltenden Höhe, also bei Strassen nur $4^1/_2$ *m* über der Strassenkrone, während bei gewöhnlichen Hochbahnen in dieser Höhe erst die Konstruktionsunterkante liegt, sodass die Bahnsteige, um die Konstruktionshöhe sowie um die Höhe der Radgestelle höher liegen.

An den beiden Enden der Bahn werden die Gleise mit einer Rückkehrschleife verbunden, sodass die Wagen ohne weiteres von einem Gleis auf das andere gelangen. Ausserdem ist am Ende der Wupperstrecke in der Nähe des Zoologischen Gartens von Elberfeld eine Rückkehrschleife angeordnet, mittels welcher die Wagen, welche nur zwischen Elberfeld und Barmen und nicht nach Vohwinkel fahren sollen, direkt umdrehen können.

Weichen werden voraussichtlich in drei verschiedenen Anordnungen zur Ausführung kommen. Diejenigen Weichen, welche in den Hauptgleisen liegen, sind derartig angeordnet, dass die Fahrschiene des Hauptgleises ganz ununterbrochen bleibt, sodass also in den gesamten Gleisen, welche von dem Publikum befahren werden, keinerlei Lücke und keinerlei Unterbrechung vorhanden ist. Es ist dieses mit Rücksicht auf die Sicherheit von ausserordentlicher Wichtigkeit.

Diese Weichen müssen zu dem Zweck so eingerichtet sein, dass die Wagen, welche das Hauptgleis verlassen wollen, sich um so viel heben, als die Höhe der Radspurkränze beträgt. Es ist also eine Art Kletterweiche.

Diejenigen Weichen, welche bei den Rangierbewegungen befahren werden, sind nach Art der Schleppweichen ausgebildet, jedoch nicht mit einem, sondern mit zwei beweglichen Armen, sodass in beiden Lagen der Weiche die Gleise ohne Knick durchgeführt werden.

Eine dritte Art von Weichen soll endlich an dem Wagenschuppen zur Verwendung kommen. Es besteht diese Weiche in einem längeren pendelnden Gleisstück, durch welches an das Stammgleis ohne weiteres vier Zweiggleise angeschlossen werden.

XI.

Stufenbahnen.

Gewissermassen als Vervollständigung der Möglichkeiten, auf elektrischem Wege eine grosse Menge Personen schnell zu befördern, mögen die nachfolgenden Seiten gelten, ohne dabei ein der Eisenbahnpraxis sehr naheliegendes Verkehrsobjekt behandeln zu wollen.

Die Stufenbahn besteht aus einer Kette von zwei oder mehreren Plattformen, welche sich in genau zu einander geregelter Geschwindigkeit parallel bewegen. Ihren Namen führt dieses neue Verkehrsmittel wegen des stufenweisen Überganges zur gewünschten Fahrgeschwindigkeit, welche durch Ersteigung niedriger, etwa 4 *cm* hoher Stufen erreicht wird.

Die in der Berliner Gewerbe-Ausstellung 1896 in Betrieb gewesene Stufenbahn, welche durch den General-Unternehmer für Eisenbahnen, Richard Damm, zum ersten Male in Europa zur Ausführung gelangte, war mit zwei Plattformen ausgerüstet. Die innere sich langsam bewegende Plattform diente als Verbindungsglied zwischen dem sich längs der Bahn hinziehenden festen Bahnsteig und der sich rascher bewegenden Plattform, auf welcher die Sitzplätze angebracht waren. Durch die geringen Geschwindigkeitsdifferenzen der drei Stufen war es den Fahrgästen ermöglicht, mit Sicherheit und Bequemlichkeit vom festen Boden die Sitzplätze der Bahn zu erreichen und dieselben zu verlassen, an jedem beliebigen Punkte, ohne dass die Bahn zum Stillstand gebracht wird. Die Stufenbahn löst die Aufgabe, das zum Besteigen und Verlassen der Eisenbahnzüge oder der Strassenbahnen zeitraubende Anhalten zu vermeiden.

Die Erfinder dieses Beförderungsystems für Personen sind Oberbaurat W. Rettig und dessen Bruder, der königliche Baurat H. Rettig. Dieselben haben bereits im Jahre 1889 vor Behörden und geladenem Publikum in Münster in Westfalen auf einer dort erbauten Versuchsstrecke die Durchführbarkeit ihres Systems bewiesen. Die in Fig. 88 dargestellte Bahn stellt die in ihren Einzelheiten hierunter beschriebene Ausstellungsbahn in Chicago dar.

Die amerikanische Konstruktion der Stufenbahn, deren Betrieb auf der Chicagoer Weltausstellung, ebenso wie auf der Berliner Ausstellung, mit Elektromotoren an z. B. jeder zehnten Laufachse bewirkt wurde, stellt ein altbekanntes mechanisches Gesetz in den



Fig. 88.

Dienst der Praxis. Die Fortbewegung einer bewegten Schiene S, vergl. Fig. 89, auf der Peripherie einer Walze oder eines Rades R

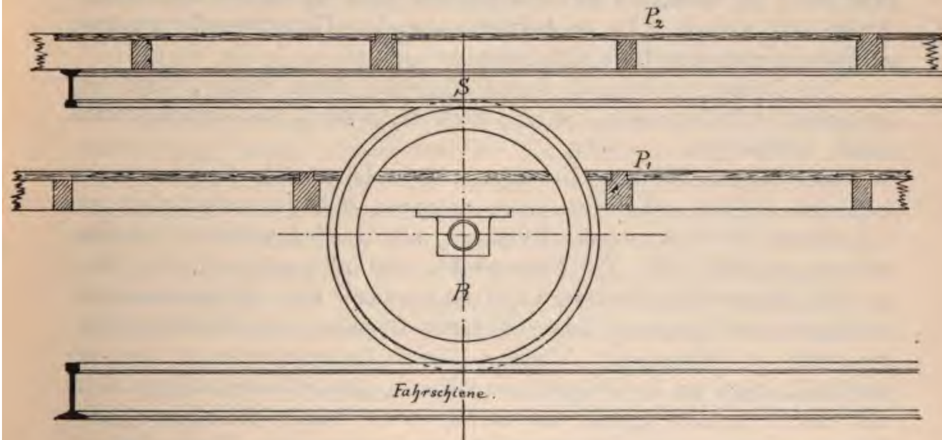


Fig. 89.

geschieht mit der doppelten Geschwindigkeit, mit welcher sich die Achse oder das Centrum eines Rades bewegt. Nach diesem Prinzip ist die sich langsam bewegende Plattform P_1, auf welche der Fahrgast zuerst tritt, an die Achse des Rades befestigt und bewegt sich

erstere demnach mit der Geschwindigkeit dieser Achse. Die nächste Plattform P_2 befindet sich oben auf dem Rade und hat dementsprechend die doppelte Geschwindigkeit der ersten Plattform P_1. Die zweite Plattform P_2 bewegt sich auf zwei ununterbrochenen beweglichen Schienensträngen S; das Rad der ersten Plattform auf einer festen Schiene F. Beim Ab- und Zunehmen der Achsengeschwindigkeit nimmt die Geschwindigkeit der Plattform, auf welcher sich die Fahrgäste befinden, ab und zu; die Geschwindigkeit beider Plattformen muss daher stets in demselben Verhältnis bleiben und kann auf das Genaueste reguliert werden.

Sowohl das System Rettig als auch die amerikanische Konstruktion ist durch Patente geschützt. Die Geschwindigkeit der ersten Plattform der auf der Berliner Gewerbe-Ausstellung nach genannter Konstruktion ausgeführten Stufenbahn war $1^1/_2$ *m* in der Sekunde. Dieselbe entspricht der durchschnittlichen Geschwindigkeit eines Fussgängers. Die zweite Plattform bewegt sich dementsprechend mit 3 *m* pro Sekunde oder mit 180 *m* in der Minute, sodass die Fahrgeschwindigkeit der Stufenbahn ca. 11,0 *km* in der Stunde betrug.

Der feste Steg, welcher sich in beliebiger Höhe über dem Erdboden längs des Bahnkörpers hinzog und zu welchem bequeme Treppen führten, hatte eine Breite von 1,50 *m*; die erste Plattform war ca. 1 *m* breit; die zweite Plattform 1,25 *m*, sodass die Gesamtbreite der Anlage 3,75 *m* betrug. An den Hauptverkehrspunkten erweiterte sich der feste Bahnsteg.

Die Leistungsfähigkeit der Stufenbahn kann ohne Zweifel die grössten Anforderungen, welche man an irgend ein Verkehrsmittel stellt, befriedigen.

Die ununterbrochene Bewegung, in welcher sich die Stufenbahn befindet, ergiebt selbst bei einer geringen Fahrgeschwindigkeit ein schnelleres Fortkommen der Personen, als dies bei anderen Verkehrsmitteln möglich ist. Die Stufenbahn hält nirgends an, sie fährt an den Ecken der Strassen nicht langsamer, um in dieselben einzubiegen; sie vergeudet keine Zeit mit Bremsen und Anfahren, weil sie stets in Bewegung bleibt. Diese Zeitersparnis ist so bedeutend, dass, um ein Beispiel anzuführen, eine Strassenbahn, welche mit einer Geschwindigkeit von 12 *km* in der Stunde fährt, nur einen Weg von etwa 8 *km* thatsächlich zurücklegt; die übrige Zeit ist durch Bremsen, Halten und Anfahren verbraucht worden. Ganz besonders aber kommt bei dem Stufenbahnbetriebe der Fortfall des Aufenthaltes in Betracht, welcher für das Warten auf die Ankunft und die Abfahrt der Züge bei allen bisher gekannten Verkehrsmitteln aufgewendet werden muss. Dadurch, dass bei der Stufenbahn der

Fahrgast an jedem Punkte und zu jeder beliebigen Zeit die Bahn besteigen oder verlassen kann, wird die Leistungsfähigkeit derselben derartig erhöht, dass sie bei einer Fahrgeschwindigkeit von nur 11 *km* in der Stunde jede Strassenbahn an Beförderungsschnelligkeit übertrifft. Diesen Nachweis hat Oberbaurat Rettig in seiner Denkschrift über: »Die Stufenbahn, neues Verkehrsmittel zur Bewältigung des Personen-Massenverkehrs in Gross-Städten« auf Grund technischer Erhebungen erbracht.

Auf je 1 *m* Bahnlänge befinden sich zwei Sitzplätze (ausser den Stehplätzen), d. h. auf 2500 *m* Bahnlänge können 5000 Personen zu gleicher Zeit Platz nehmen. Bei der ununterbrochenen, kettenförmigen Bewegung der Stufenbahn sind jede Minute 416 Plätze an jedem Punkte der 2500 *m* langen Bahn zur Verfügung des Publikums. Nehmen wir an, dass jeder Fahrgast den ganzen Weg von 2500 *m* in 12 Minuten auf der Stufenbahn zurücklegt, so können bei 5000 Sitzplätzen in einer Stunde 25000 Personen befördert werden.

Die Stufenbahn der Berliner Ausstellung 1896 ruhte auf hölzernem Unterbau, welcher mit einem wasserdichten Leinwanddach überspannt war.

In allen Städten, in welchen eine elektrische Hoch- oder Untergrundbahn am Platze ist, tritt die Stufenbahn in Konkurrenz. Die Stufenbahn vereinigt das wertvolle Prinzip der grössten Betriebssicherheit mit der grössten Zeitersparnis im Verkehr; sie überwindet auf das leichteste Steigungen und Kurven.

Durch die gleichmässige Verteilung des Gewichtes ist die Last der Stufenbahn auf eine Einheit nicht gross.

Die Errichtung einer Stufenbahn empfiehlt sich als Verkehrsverbindung zweier durch örtliche Verhältnisse, wie z. B. durch Flüsse, auseinander gehaltener Verkehrspunkte, bei Ausstellungen im allgemeinen, von und zum Ausstellungsplatze und auf diesem letzteren selbst, zur Vermittelung des Binnenverkehrs.

Als ein Mangel der Stufenbahn muss die fast gleichmässig verbrauchte Arbeit bei Besetzung oder Nichtbesetzung der Bahn angesehen werden, während andere Bahnen je nach der Verkehrsdichte Wagen einstellen oder fortlassen können. Ferner ist die Abhängigkeit aller Wagen von einem etwa beschädigten als Betriebsnachteil anzusehen.

Die bisher noch geringe Verbreitung der Stufenbahnen im öffentlichen Leben spricht für den Überschuss der Nachteile über ihre Vorteile.

Ein noch schlummerndes Anwendungsgebiet der Stufenbahnen liegt in bewegten Bahnsteigen und Bahnsteig-Zugangstreppen für Stadtbahnen (Hoch- und Tiefbahnen).

Man denke sich hierzu die Züge niemals haltend, sondern in der Station nur um so viel langsamer fahrend, dass die Geschwindigkeitsdifferenz des Zuges zur äusseren bewegten Stufenbahnplattform etwa 4 *km*-Std. beträgt. Die innere bewegte Plattform muss nun dieselbe Geschwindigkeitsdifferenz zur äusseren Plattform sowohl wie zum Bahnsteig selbst haben, sodass sich 4 *km*-Std. für die erste, 8 *km*-Std. für die zweite Plattform und 12 *km*-Std. für die Geschwindigkeit des Zuges ergiebt. 12 *km*-Std. ergeben eine Geschwindigkeit von 3,3 *m* in der Sekunde. Rechnet man zum Ein- und Aussteigen auf mittleren Stationen höchstens $^1/_2$ Minute, so müsste der Bahnsteig $30 \cdot 3{,}3 = \sim 100$ *m* lang sein. Die Stufenbahn kann nun zugleich die Treppe oder den Personenaufzug ersetzen und den Fahrgast bis auf das Strassenniveau befördern. An Stelle überdachter Hochbahnstationen könnte dann die geschützte Stufenbahn treten, wodurch eine besondere Stationsverbreiterung erübrigt wird. Der Zu- und Abgang der Personen würde sich betreffs der einzuschlagenden Richtung von selbst regeln.

Die Stromzuführung und die motorische Einrichtung gestaltet sich bei der Stufenbahn denkbar einfach. Schalter und Anlasser erübrigen sich auf dem fahrenden Teil vollständig, die Motoren, welche je nach der Arbeitsleistung und dem Adhäsionsbedürfnis an jeder so und sovielten Achse sitzen, brauchen nicht für Überlastungen eingerichtet sein, da sie stets nur normal beansprucht werden und die Stromleitung kann offen zwischen den Fahrschienen liegen, da die Plattformen dieselbe stets verdecken.

XII.

Adhäsions-Elektrolokomotiven.

Alle Dampflokomotiven verkörpern noch heute die grundsätzlichen Anordnungen Stephensons, und alle Bemühungen, mit neuen Lokomotivkonstruktionen den steigenden Bedürfnissen der neueren Zeit Rechnung zu tragen, sind erfolglos geblieben. Erst die Anwendung der Elektrizität liess die Möglichkeit aufkommen, die technische Entwickelung in neue Wege zu leiten.

Die Dampflokomotiven besitzen bekanntlich folgende Nachteile:

1. Grosses totes Gewicht, welches zu seiner Fortbewegung Arbeit beansprucht. Das Verhältnis der toten Last zur Nutzlast wird um so ungünstiger, je weniger Wagen an die Maschine gehängt werden.

2. Die hin- und hergehenden Teile der Dampfmaschine verursachen einen ungleichförmigen Gang der Lokomotive und begrenzen dadurch ihre Geschwindigkeit.

3. Der im Kessel sparsam erzeugte Dampf wird durch die bei Lokomotiven zur Zeit allein gebräuchlichen Kulissensteuerungen schlecht ausgenutzt. Die Maschine muss sehr oft mit einer für die Belastung unvorteilhaften Umdrehungszahl laufen, weil diese unmittelbar von der Fahrgeschwindigkeit abhängig ist. Die Dampfausnutzung ist daher mangelhaft.

4. Da die Züge oft sehr verschieden stark zusammengesetzt und verschieden besetzt sind, so kann die Zugkraft der Lokomotive nur selten voll ausgenutzt werden; es muss eben vor jeden Zug, einerlei aus wie viel Wagen er besteht, eine Lokomotive gespannt werden, welche nur für eine ganz bestimmte Zugkraftleistung vorteilhaft arbeitet.

5. Die Lokomotiven verursachen durch den auspuffenden Dampf ein starkes Geräusch und hinterlassen auch Rauch und Dunst; auf den Untergrundbahnen müssen daher besondere Lüftungseinrichtungen und auf den Hochbahnen geeignete Schutzvorrichtungen gegen das Abschleudern von Öltropfen sowie gegen das Hinunterfallen von Asche und Zünderteilen auf die Strasse vorgesehen werden.

6. Der Bahnober- wie -unterbau ist nicht der Achsbelastung der leichten Wagen, sondern derjenigen der schweren Lokomotiven

entsprechend auszuführen, was nicht zweckmässig ist, weil dadurch eine bei Wahl einer anderen Betriebskraft zu vermeidende Vermehrung der Baukosten eintritt.

7. Das Betriebspersonal der Lokomotiven ist, namentlich bei Zügen mit wenigen Wagen, unverhältnismässig gross; denn die kleinste Dampflokomotive muss von zwei Personen: einem Führer und einem Heizer, bedient werden.

Wählt man Elektrizität als treibende Kraft, so fallen diese Mängel, je nachdem man Akkumulator- oder Stromleitungsbetrieb, elektrische Lokomotiven oder Motorwagen anwendet, mehr oder weniger weg.

Bei allen elektrischen Betrieben, sei es mit Lokomotiven oder Motorwagen, fallen die unter 2., 3., 5. und 7. bei den Dampflokomotiven aufgeführten Missstände fort; denn erstens besitzen die elektrischen Motoren keine hin- und hergehenden, sondern nur umlaufende Teile; zweitens wird die Betriebskraft auf stationären Centralstationen durch Dampfmaschinen mit Präzisionssteuerungen in sparsamster Weise erzeugt; drittens verursacht der elektrische Betrieb weder Geräusch noch Rauch und Dunst, und viertens vermindert sich die Zahl des Betriebspersonals um die Hälfte, da der Heizer auf der Lokomotive überflüssig wird. Was weiter die unter 1., 4. und 6. bezeichneten Nachteile der Dampflokomotiven anbetrifft, so bleiben diese, als jedem Bahnbetriebe mit Lokomotiven an und für sich anhaftend, auch bei elektrischen Lokomotiven bestehen. Jede Lokomotive muss eben diejenigen Abmessungen und folglich dasjenige Adhäsionsgewicht erhalten, welches nicht der mittleren, sondern der grössten zu erwartenden Zugleistung entspricht. Dieses tote Gewicht ist immer mitzuschleppen, und ihm entsprechend ist der Bahnoberbau auszuführen.

Die wesentlichsten Vorteile elektrisch angetriebener Lokomotiven sind demnach:

1. Ausnutzung der gesamten Lokomotivlast zur Fortbewegung durch Motorachsen.

2. Nur rotierende Teile statt hin- und hergehender Massen und dadurch Schonung des Oberbaues.

3. Hoher Nutzeffekt in der Energieerzeugung und im Energieverbrauch.

4. Gewichtsersparnis bei gleichem Adhäsionsdruck und Vollausnutzung des Gewichtes zur Adhäsion.

5. Befahrung kleinerer Kurven, da die Achsen nicht starr verbunden sein brauchen.

6. Personalersparnis.

Die Elektrolokomotiven können demnach mit Recht in einen Konkurrenzkampf gegen ihren alten Rivalen treten und sind bereits

erfolgreich zur Verwendung gelangt. Natürlich kann der Neuling nur allmählich aufkommen und muss sich zunächst die Gebiete sichern, in denen er die grössten Vorzüge besitzt, wie z. B. beim Durchschleppen von Zügen durch Tunnel, bei grösseren Steigungen und kleineren Kurven.

Nach ihrer Bauart kann man die Elektrolokomotiven einteilen in solche,

a) welche sich die Elektrizität zur Bewegung ihrer Achsenmotoren selbst erzeugen (dieser Typus wird vertreten durch die Heilmann-Lokomotive und den Patton-Lokomotivwagen);
b) welche ihre Betriebskraft in Akkumulatorenzellen selbst oder in einem Tender aufgespeichert mitführen (die Melun-Lokomotive vertritt diese Art);
c) welche den Strom aus direkten (Oberleitungen oder Niveauleitungen) Fahrleitungen entnehmen, und dies ist die häufigere Verwendung.

1. Berechnung der Gewichte, Zugkraft und Leistung.

Ehe wir zu den einzelnen Lokomotivarten übergehen, mögen hier einige kurze Formeln Platz finden, welche die in Betracht kommenden Verhältnisse übersehen lassen. Bei Berechnung der Gewichte, Zugkraft und Leistung von Adhäsions-Lokomotiven bedeutet:

Q = Gewicht sämtlicher beladener Wagen in *t*;
P = Gewicht der Lokomotive in *t*;
L = Leistung der Lokomotive in PS;
z = Zugkraft der Lokomotive in *kg*;
w = Bahnwiderstand auf der Horizontalen in *kg/t*;
$\frac{1}{n}$ = Steigungsverhältnis;
W = Bahnwiderstand auf der Steigung in *kg/t* . . $W = w + 1000 \frac{1}{n}$;
V = Geschwindigkeit in *km*-Std.;
v = Geschwindigkeit in *m*-Sek. . . . . $v = \frac{V}{3,6}$;
a = Nutzeffekt der Lokomotive;
f = Verhältnis des Lokomotivgewichtes zur Zugkraft . . . $\frac{1000\,P}{z}$.

$$z = \frac{1000\,P}{f} = W \cdot (Q + P);$$

$$1000\,P = f \cdot W \cdot (Q + P) = f \cdot W \cdot Q + f \cdot W \cdot P;$$

$$1000\,P - f \cdot W \cdot P = f \cdot W \cdot Q; \quad P\,(1000 - f \cdot W) = f \cdot W \cdot Q;$$

$$P = \frac{f \cdot W \cdot Q}{1000 - f \cdot W};$$

$$z = \frac{1000\,P}{f} = \frac{1000 \frac{f \cdot W \cdot Q}{1000 - f \cdot W}}{f} = \frac{1000}{f} \cdot \frac{f \cdot W \cdot Q}{1000 - f \cdot W} =$$

$$= \frac{1000 \cdot W \cdot Q}{1000 - f \cdot W};$$

$$L = z \cdot v \cdot \frac{1}{75} \cdot \frac{1}{\alpha} = \frac{1000 \cdot W \cdot Q}{1000 - f \cdot W} \cdot \frac{V}{3,6} \cdot \frac{1}{75} \cdot \frac{1}{\alpha} = \frac{1000}{270} \cdot \frac{V \cdot W \cdot Q}{\alpha(1000 - f \cdot W)};$$

$$L = 3,7 \cdot \frac{V \cdot W \cdot Q}{\alpha\,(1000 - f \cdot W)}.$$

Für die Berechnung der spezifischen Zugkraft, bezw. des Bahnwiderstandes W kommen in Betracht:

1. die Widerstände für die gerade horizontale Strecke:
   a) Achsschenkelreibung,
   b) rollende Reibung,
   c) Unebenheiten der Bahn,
   d) Luftwiderstand;
2. die Widerstände in Kurven;
3. die Widerstände auf Steigungen.

Die Verhältnisse beim elektrischen Motorenbetrieb, woselbst nur rotierende Bewegungen auftreten, dürften mehr den Erscheinungen an den Wagen, als denen der Dampf-Lokomotiven entsprechen. Die Zugkraft der Dampf-Lokomotiven allein steht bekanntlich im ungünstigen Verhältnis zu der Zugkraft eines ganzen Zuges.

Die Zugkraft eines Dampfzuges mittlerer Länge einschliesslich Lokomotive und Tender ist nach einer empirischen Formel von Clark-Grove:

1) $z_1 = 2,25 + \frac{v^2}{80} \pm 1000\,i$ bei günstigen Verhältnissen. Hierin ist v die Geschwindigkeit in *m*-Sek. und i das Steigungsverhältnis.

Die Zugkraft eines Zuges ohne Lokomotive ist nach einer Meyerschen Formel:

2) $z_2 = 1,5 + 0,001 \cdot V^2 \pm 1000\,i$. Hierin bedeutet aber V die Geschwindigkeit in *km*-St.

Nehmen wir nun an, dass die spezifische Zugkraft z_3 bei elektrischem Motorenbetrieb zwischen z_1 und z_2 liegt, was sicherlich nicht zu günstig gerechnet ist, so ergiebt sich:

$$z_3 = \frac{z_1 + z_2}{2}.$$

$$2\,z_3 = z_1 + z_2 = 2,25 + \frac{v^2}{80} \pm 1000\,i + 1,5 + 0,001 \cdot V^2 \pm 1000\,i$$

und bei einer angenomm enenmittleren Geschwindigkeit von 80 *km*-Std. $= \frac{80}{3,6}$ *m*-Sek.:

$$2\,z_3 = 2,25 + \frac{\left(\frac{80}{3,6}\right)^2}{80} \pm 1000\,i + 1,5 + 0,001 \cdot 80^2 \pm 1000\,i =$$

$$= 2,25 + 6,2 \pm 1000\,i + 1,5 + 0,001 \cdot 6400 \pm 1000\,i =$$

$$= \quad 8,45 \quad + 1,5 + 6,4 \pm 2000\,i$$

$$= \quad 16,35 \pm 2000\,i.$$

3) $z_3 = 8,175 \pm 1000\,i$ *kg* für die Tonne.

Bei allen diesen Voraussetzungen sind günstige Verhältnisse angenommen (schwere Züge über 100 Tonnen, gut unterhaltene Wagen und Bahn, Kurven mit grossem Radius, schwacher Wind).

Für ungünstige Verhältnisse gilt für die Formel 1):

$$z_1 = 4 + \frac{v^2}{50} \pm 1000\,i.$$

Über die wahren Zugkraftverhältnisse sind genaue Messungen, wie dieselben für Dampflokomotiven vorliegen, noch nicht veröffentlicht, vielleicht auch noch nicht gemacht worden, daher dürfen die obigen Annahmen als Annäherungswerte angesehen werden.

2. Magnetische Adhäsionsvermehrung.

Es liegt begreiflicherweise sehr nahe, die Vergrösserung der Gleisfriktion durch Magnetisierung der Lokomotivräder zu erstreben.

So benutzt z. B. die Baltimore- und Ohio-Eisenbahn — welche auf ihrer Strecke Camden-Baltimore im Howard-Tunnel gemischten Betrieb eingeführt hat, um die Personenzüge durchweg mittels elektrischer Lokomotive, die Güterzüge hingegen mit einer Dampflokomotive als Zugmaschine und einer elektrischen Lokomotive als Nachschiebemaschine zu befördern — an einer grösseren Zahl ihrer Dampflokomotiven elektrischen Strom ausschliesslich zu dem Zwecke, die Friktion zwischen den Lokomotivrädern und den Eisenbahnschienen zu vermehren und sonach das Räderschleifen zu vermeiden, beziehungsweise das Sandstreuen zu ersparen. Zu diesem Zwecke befindet sich auf der Lokomotive eine kleine Dynamomaschine, die nur im Bedarfsfalle mit Hilfe eines besonderen Antriebes in Thätigkeit gesetzt wird und deren Strom keine weitere Aufgabe hat, als die Lokomotivräder zu magnetisieren. Nach den hier gewonnenen Erfahrungen vermag eine mit dieser Einrichtung versehene Lokotive jeden schweren Güterzug auf den Gebirgsstrecken genannter Bahn mit Steigungen von 1:40 auch bei feuchtglatten Schienen zu befördern.

Die Idee einer solchen Friktionsvermehrung ist schon 1883[1]) von Arthur Wilke angegeben worden.

Wir gehen nunmehr zu den Lokomotiven über, welche sich ihre Betriebskraft selbst erzeugen:

3. Die Heilmann-Lokomotive.

Den Franzosen gebührt die Ehre, durch ihre Heilmann-Lokomotive einen zeitlichen Vorsprung in der Anwendung der Elektrotechnik für Fernbahnen gewonnen zu haben. Das hier zur Durchführung gebrachte System, vergleichbar mit einer fahrenden elektrischen Kraftstation, hat indes betreffs der Anschaffungs- und Betriebskosten einen sehr schweren Stand und dürfte wohl nur als ein geeignetes Übergangsstadium zwischen dem alten und dem neuen Lokomotivsystem zu betrachten sein. Es umfasst einen Teil der alten Nachteile (Kohlen- und Wassermitnahme, mangelhafte Wärmeausnutzung und dergl.) und anderseits die meisten der auf Seite 141 und 142 genannten Vorteile.

Die erst im Jahre 1894 nach den Konstruktionen von J. J. Heilmann bei der Société Industrielle de Moteurs Electriques et à vapeur gemeinsam mit Brown, Boveri & Co. gebaute Lokomotive ist in Fig. 90 und 91 dargestellt und lief auf der Westbahnstrecke Paris — Havre Probe. Sie enthält in ihrer Generatoranlage einen Kessel Lentz'scher Bauart, eine liegende zweicylindrige Verbund-Dampfmaschine von 600 PS bei 300 Umdrehung Minuten, eine Aussenpol-Dynamomaschine für Gleichstrom von 400 Volt Spannung und eine besondere Erreger-Dampfdynamo für 50 Volt Spannung. Diese sämtlichen Teile ruhen auf einem gemeinsamen Rahmen, der von zwei Stück vierachsigen Drehgestellen getragen wird. Jede dieser acht Achsen besitzt einen Gleichstrom-Elektromotor. Das ganze Fahrzeug ist mit einem Wagenkasten überdeckt und vermeidet so das äussere Ansehen einer Lokomotive.

Die Lokomotive vermochte bei einer Geschwindigkeit von 90 bis 100 *km* in der Stunde einen Zug von 70—80 *t* zu ziehen. Die mit dieser Lokomotive angestellten Versuche, bei denen dieselbe etwa 2000 *km* zurücklegte, ergaben zufriedenstellende Resultate, sodass die Westbahngesellschaft sich entschloss, einen Versuch in grösserem Massstabe auszuführen. Auf ihre Veranlassung wurden zwei neue Lokomotiven von grösserer Leistungsfähigkeit gebaut, die im allgemeinen dieselbe Disposition wie die frühere zeigen, im einzelnen aber einige Verbesserungen aufweisen, wie sie durch die früheren Versuche an die Hand gegeben worden waren.

[1]) Vergl. Internationale Zeitschrift f. d. El.-Ausstellung Wien 1883, S. 46.

Dem »Electrician« sind darüber folgende Angaben entnommen:

An Stelle des Lentz'schen Kessels wurde bei den neuen Lokomotiven ein gewöhnlicher Lokomotivkessel angewandt, dessen Abmessungen folgende sind:

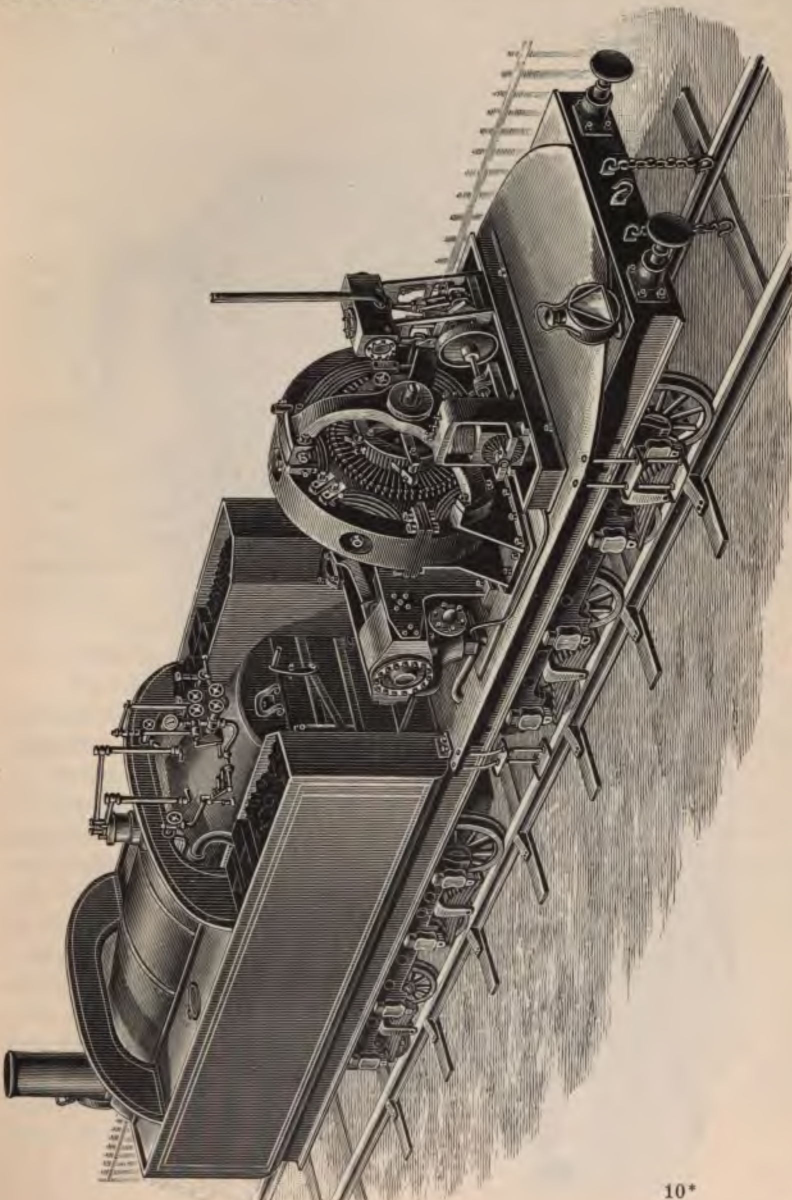


Fig. 90.

Heizfläche des Feuerraumes	16,47 *qm*
» der Röhren	169,— »
Anzahl der Röhren	351
Länge der Röhren	3,80 *m*
Rostfläche	3,34 *qm*
Dampfdruck	14 Atm.

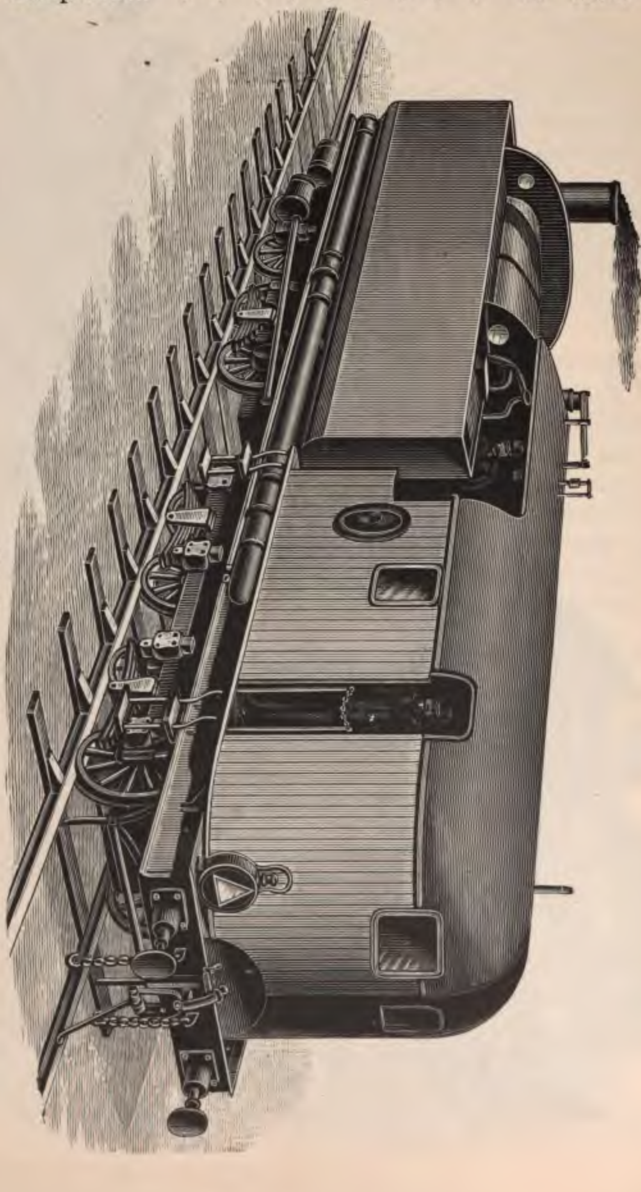


Fig. 91.

Die Speisung der Kessel erfolgt durch zwei Friedmann'sche Injektoren.

Die Hauptdampfmaschine ist eine Willans-Maschine mit sechs Kurbeln. Diese von den Herren Mark Robinson und N. Mazen zugleich vorgeschlagene Anordnung wurde gewählt, um vollkommenes Gleichgewicht der beweglichen Teile zu erhalten. Bei einer Maschine mit drei Kurbeln, die um 120° verstellt sind, ist nämlich zwar die Summe der von der Trägheit der hin- und hergehenden Massen, Kolben, Kolbenstangen, Triebstangen u. s. w. herrührenden vertikalen Kraftkomponenten in jedem Augenblicke Null, es besteht jedoch ein Kräftepaar, da die drei Kräfte nach verschiedenen Richtungen wirken. Man kann aber dieses Kräftepaar aufheben, wenn man neben die erste Maschine eine zweite genau gleiche Maschine von umgekehrter Anordnung setzt, welche ein gleiches, aber dem ersteren entgegengesetzt gerichtetes Kräftepaar besitzt. Die sechs Kurbeln sind dann in folgender Weise verstellt: 0°, 120°, 240°, 240°, 120°, 0°. Die von der Firma Willans & Robinson erbaute, einfach wirkende Dampfmaschine unterscheidet sich im wesentlichen nicht von einer gewöhnlichen Willans-Maschine. Nur die Dampfverteilung erfolgt nicht durch einen centralen Schieber, sondern durch drei seitlich angeordnete cylindrische Schieber, die von einer besonderen Welle bethätigt werden, die ihrerseits wieder von der Hauptwelle durch Zahnräder angetrieben wird. Die Hauptelemente der Maschine sind: Indizierte Leistung 1350 PS, Geschwindigkeit 400 Umdrehungen in der Minute, Durchmesser der Hochdruckcylinder 300 *mm*, der Niederdruckcylinder 480 *mm*, gemeinsamer Hub 400 *mm*.

Mit dieser Dampfmaschine sind zwei sechspolige Gleichstromdynamomaschinen von der Firma Brown, Boveri & Co. mit einer Leistung von 910 Ampere bei 450 Volt direkt gekuppelt, und zwar an jedem Ende eine, deren Anker als Schwungräder für erstere wirken. Die Maschinen, welche Feldmagnete aus Stahlguss und einen gezahnten Trommelanker haben, besitzen Kohlenbürsten und sind, von einigen Ventilationsöffnungen abgesehen, vollständig geschlossen; die Dynamos sind beide parallel geschaltet und werden, ebenfalls in Parallelschaltung, von einer Nebenschlussdynamo erregt, die durch eine besondere zweicylindrige Willans-Dampfmaschine mit 550 Umdrehungen in der Minute betrieben wird. Die vierpolige Erregermaschine hat ebenfalls Feldmagnete aus Stahlguss und einen gezahnten Trommelanker. Dieselbe leistet 140 Ampere bei 110 Volt. Da die Erregung der Stromerzeuger nur höchstens 100 Ampere erfordert, so bleibt ein Überschuss an Strom, der für die Beleuchtung des Zuges verwendet wird.

Die Motoren sind vierpolig und vollständig abgeschlossen; ihr Anker, ein genuteter Trommelanker, ist auf eine hohle, die Radachse konzentrisch umgebende Welle derart aufgekeilt, dass die Radachse den Unebenheiten des Gleises nachgeben kann, ohne den Anker im mindesten in Mitleidenschaft zu ziehen. Der Antrieb der Radachse durch jene hohle Welle geschieht durch Vermittelung dreier doppelter, um je 120^0 verstellter Federn aus Stahl, die zwischen den Speichen eines der Räder liegen. Das Gehäuse des Motors besteht aus vier Teilen. Der untere Teil trägt die beiden Klammern, mit denen der Motor an dem Rahmen des Untergestells befestigt ist, und ferner die beiden Lager, in denen sich die hohle Welle dreht. Diese Lager sind mit einer automatischen Schmiervorrichtung versehen. Die beiden Seitenteile tragen die Magnetspulen und durch den oberen Teil wird das Ganze abgedeckt. Die (Serien-)Wickelung der Feldmagnete besteht aus einem Kupferbande, das in zwei Teilen auf jeden der Kerne aufgewickelt ist.

Die Lokomotive, wie sie durch Fig. 92 in photographischem und in den Fig. 93 und 94 in zeichnerischem Bilde dargestellt ist, kann von zwei verschiedenen Stellen aus, je nach der Fahrtrichtung, geschaltet werden; die eine dieser Stellen befindet sich vorn, die andere in der Nähe der Vorderfront des Kessels. Jede derselben ist ausser den gewöhnlichen Apparaten zur Bethätigung der Bremse, Pfeife und dergl. mit einem doppelten Anlasswiderstand und einem Stellrad für den Geschwindigkeitsregulator der Dampfmaschine versehen. Das Schaltbrett befindet sich zwischen den beiden Stellen an einer Wand der Schutzwehr. Unten an dem Schaltbrett ist der Umsteuerungsapparat angebracht; die Umsteuerung geschieht durch Umkehrung der Verbindungen der Motorenanker.

Die gesamte Stromerzeugungseinrichtung wird von einem Stahlrahmen getragen, der auf zwei Untergestellen mit vier Radachsen ruht. Ein spitz zulaufender Kasten aus Eisenblech schliesst die Lokomotive nach vorn ab. Die Abmessungen der letzteren sind:

Länge zwischen den Puffern	18,59 *m*
Gesamtlänge des Wagenkastens . . .	15,40 »
Länge eines Untergestells	4,10 »
Durchmesser der Räder	1,16 »

Weitere Einzelheiten sind enthalten in ETZ 1898, Heft 4, S. 65 ff., und im Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens (Heusinger v. Waldeck, v. Borries, Alb. Frank & Barkhausen).

Mit einer dieser Lokomotiven sind am 12. November 1897 die ersten Probefahrten auf der französischen Westbahn zwischen Paris und Nantes gemacht worden.[1]) Der Zug bestand aus zwölf Durch-

[1]) The Engineer 19. November 1897, S. 505.

Kohlen- und Wasserbehälter auf; in der Mitte wird der Lokomotivkessel seine Aufstellung finden, während vorn eine Westinghouse-Dampfmaschine, mit zwei Dynamos von je 400 P S gekuppelt, stehen soll. Auf den Achsen des vorderen Drehgestelles sollen die Anker der beiden 350pferdigen Elektromotoren sitzen. Zur Reserve beabsichtigt man, auf dem dreiachsigen Drehgestell einen 200pferdigen Motor anzubringen, der mit einer der Achsen gekuppelt werden kann. Schliesslich soll noch eine Akkumulatorenbatterie aufgestellt werden, um für den Notfall die Lokomotive auf ein Seitengleis zu bringen. Wie man erkennt, wird die Bauart der neuen Lokomotive noch verwickelter werden als die der Heilmann'schen.

Näheres über die Ausführung dieser Lokomotiven ist noch nicht veröffentlicht worden.

Einige Vorteile der Heilmann'schen Bauart sind bisher noch nicht genügend gewürdigt worden und seien daher noch ergänzend angefügt.

Beim Dampflokomotivbetrieb liegt es in der Natur der Sache, die Lokomotive stets an der Spitze des Zuges zu haben. Der Rauch, welcher in beträchtlicher Menge dem Schornstein entströmt, macht sich sehr unangenehm sowohl im Betriebe als auch im Wohlbehagen des Reisenden bemerkbar, Rauch und Dampf vernichten in sehr kurzer Zeit den Anstrich der Wagen, machen dieselben unansehnlich und erfordern im Interesse der Haltbarkeit der Wagenbekleidungen ein häufiges Erneuern der Lackierung. In gleichem Masse leiden die inneren Einrichtungen der Betriebsmittel und man kann wahrlich nicht sagen, dass eine Eisenbahnfahrt in Bezug auf Atmung frischer Luft und Reinerhaltung der Garderobe zu den Annehmlichkeiten zählt. Der von der Bahn aufgewirbelte Staub kommt wenig zur Geltung und lässt sich eben auch niemals beseitigen, dagegen bietet die Heilmann'sche Lokomotive ein Mittel, das erstere grössere Übel ganz zu beseitigen, wenn diejenige Anordnung gewählt wird, welche dem zweiten Stadium ihrer voraussichtlichen Entwicklung entspricht.

Vorläufig ersetzt die Heilmann'sche Lokomotive die Dampflokomotive an der Spitze des Zuges und nutzt nur die eigene Adhäsion aus. Das zweite Stadium wird dasjenige sein, wobei die Lokomotive den Strom für sämtliche oder wenigstens für mehrere Achsen des Zuges erzeugen wird, weil dieselben mit Motoren versehen werden. Abgesehen davon, dass alsdann das Gewicht des ganzen oder des grösseren Teiles des Zuges ausgenutzt und somit die Befahrung grösserer Steigungen ermöglicht wird, ist es angängig, die stromerzeugende Lokomotive dem Zuge hinten anzuhängen. Dadurch wird erreicht, dass jede Belästigung durch Rauch und Dampf wegfällt, weil der Schornstein am hintersten Zugende seine vorher

besprochenen unangenehmen Wirkungen verliert. Der Zugführer muss natürlich seinen Stand im vordersten, mit geeigneter Querwand versehenen Wagen erhalten, was auf die gesamte Disposition keinen Einfluss ausübt.

4. Patton-Lokomotivwagen.

Der Amerikaner Patton hat nach langjährigen Versuchen eine elektrische Lokomotive gebaut, deren Prinzip als eine Kombination des Heilmann-Systems mit dem Akkumulatorensystem bezeichnet werden kann, allerdings mit dem Unterschied, dass nicht Dampf-, sondern Gaskraft zur Stromerzeugung verwendet wird. Die ersten Versuche datieren in das Jahr 1891 zurück und beschränkten sich zunächst nur auf die Verwendung einer Gasmaschine zum Antrieb. Patton sah jedoch sehr bald, dass bei der Veränderlichkeit der Zugkraft und der Notwendigkeit, gelegentlich rückwärts fahren zu müssen, zwischen der Gasmaschine und den Radachsen ein elastisches Zwischenglied eingeschaltet werden muss, welches womöglich auch eine Aufspeicherung der Arbeit, also einen Ausgleich in der Arbeitsleistung der Gasmaschine gestatten soll. Er kam so auf die auch von Heilmann angewendete elektrische Kraftübertragung und auf die Verwendung von Akkumulatoren. Im Jahre 1892 machte er zur Ausführung dieser Idee Versuche in kleinem Massstabe; die erste verwendbare Lokomotive wurde jedoch erst 1897 in Betrieb genommen und beim Bau einer Vorortbahn in Chicago verwendet. Diese Lokomotive wiegt 11 000 *kg* und enthält einen Benzinmotor von 18 PS. der mit einer Dynamomaschine direkt gekuppelt war, eine Batterie von 92 Zellen und 150 Amperestunden Kapazität und einen Bahnmotor von 35 PS. Die Batterie wird bei Stillstand oder bei Fahrt zur Zeit geringen Kraftbedarfs geladen und unterstützt durch ihre Entladung den Generator, sobald der Kraftbedarf die Leistung des Benzinmotors übersteigt. Der Generator hat Nebenschlusserregung und infolgedessen regulierte sich das System automatisch. Die täglichen Betriebskosten dieser Lokomotive sollen nur 12 ℳ-Tag statt 65 ℳ-Tag, der früher für denselben Zweck verwendeten Dampflokomotive gewesen sein. Bei der betreffenden Dampflokomotive musste nämlich Anthracit gefeuert werden und waren zwei Mann Bedienungspersonal erforderlich. Neuerdings ist eine zweite Patton-Lokomotive gebaut worden. In dieser ist ein 25 PS Raymond-Gasolinmotor verwendet, mit welchem eine 15 Kilowatt 220 Volt Crocker-Wheeler-Nebenschluss-Dynamomaschine direkt gekuppelt ist. Die Batterie besteht aus 100 Zellen von 200 Amperestunden Kapazität. Die beiden Achsen werden je von einem 25 PS Motor mit einfacher

Räderübersetzung angetrieben. Auf dem Dach des Gefährtes befindet sich ein Behälter für 110 *l* Gasolin und ein zweiter für 330 *l* Kühlwasser. Das Wasser cirkuliert automatisch durch ein System von Kühlröhren, und es ist durch entsprechende Anschlussstücke Vorsorge getroffen, um die Cirkulation durch Röhren in die Anhängewagen zum Zweck ihrer Heizung auszudehnen. Die Lokomotive wurde von einer Eisenbahngesellschaft in Cedar-Falls angekauft und eine zweite gleicher Grösse ist in Arbeit, während Patton mit dem Entwurf einer bedeutend grösseren Lokomotive, die 400 PS entwickeln wird, beschäftigt sein soll.



Fig. 95.

Dieser Lokomotivwagen, der in Fig. 95 bildlich und in Fig. 96 schematisch dargestellt ist, ist selbstverständlich nicht berufen, einen Motorwagen mit direkter Stromzuführung zu ersetzen oder auch nur annähernd mit diesem in Konkurrenz zu treten.[1]) Er kann dagegen sehr wohl seine Stelle ausfüllen, wenn es sich darum handelt, lange Linien mit geringer Frequenz zu bedienen. Die Nachteile des reinen Gasmotorwagens besitzt der Patton-Wagen nicht.

Gewissermassen als Zwischenglied der auf Seite 143 unter a und b genannten Lokomotivtypen kann der Patton-Wagen gelten.

---

[1]) Vergl. auch Ill. Zeitschr. f. Kl. u. Str. B. 1898, Heft 9, S. 359.

5. Akkumulatoren-Lokomotive.

Zu den Lokomotiven, die ihre Arbeitsaufspeicherung in Akkumulatoren mit sich führen, gehört die nachfolgende, zwischen Paris und Melun fahrende Lokomotive. Dieselbe soll den Betriebsführern durch die Praxis ein Bild von der Möglichkeit entrollen, allmählich den elektrischen Betrieb auf den Vollbahnen einzuführen.[1])

Da man zu diesem Zwecke die hohen Kosten einer Stromzuführung längs der Bahn vermeiden wollte, wurden die Motoren der

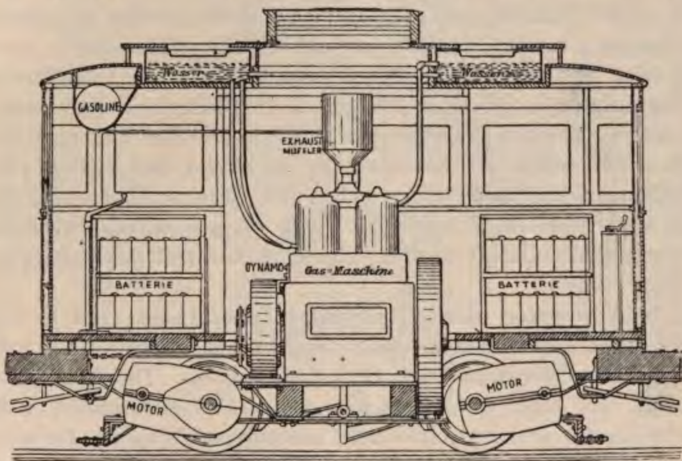


Fig. 96.

Lokomotive durch Akkumulatoren gespeist, die zum geringen Teil auf der Lokomotive selbst, zum grösseren Teil jedoch in einem besonderen Wagen untergebracht sind. Die Lokomotive (Fig. 97—99) ruht auf drei Achsen, von denen die beiden hinteren durch Elektromotoren angetrieben werden, deren Anker unmittelbar auf den Achsen sitzen. Die Motoren sind symmetrisch zur Längsachse der Lokomotive gebaut, mit zwei Kollektoren versehen, und die Magnetpole sind derartig angeordnet, dass sie stets centrisch zur Achse bleiben. Auf ihrem hinteren Teile trägt die Plattform der Lokomotive einen Wagenkasten, der dem Führer und seinem Gehilfen zum Aufenthalt dient und die Handgriffe und Messgeräte enthält. Die Aufbauten auf dem vorderen Teile sind nur 1,3 *m* hoch, damit der Führer bequem darüber hinwegsehen kann. In der Mitte befindet sich ein Anlasswiderstand in Form eines isoliert aufgestellten rechteckigen Kastens aus Eisenblech von etwa 2 *cbm*

---

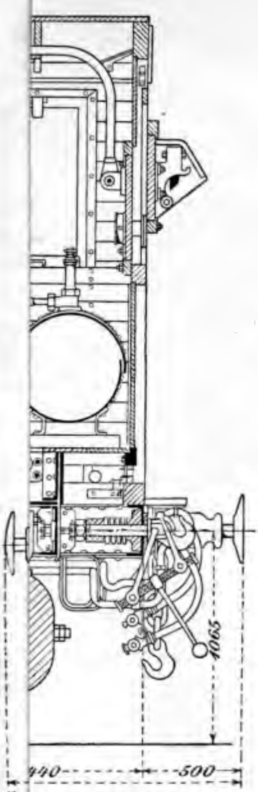
[1]) Revue générale des chemins de fer, Nov. 1898, S. 331; Z. d. V. d. Ing. 1898, Heft 52, S. 1453 ff.

Inhalt, in den 20 Bleiplatten hineingehängt sind. Der Kasten steht durch zwei Röhren mit einem ebenfalls isolierten Behälter in Verbindung, der unterhalb der Plattform aufgehängt ist und eine schwache Lösung von kohlensaurem Natron enthält. Soll der Anlasswiderstand in Thätigkeit treten, so lässt der Lokomotivführer mittels des Dreiweghahnes d und eines Einlasshahnes e aus einem Druckluftbehälter Luft in den cylindrischen Behälter unterhalb der Plattform treten, wodurch die Flüssigkeit in den oberen viereckigen Kasten gedrückt wird. Lässt man die Druckluft entweichen, so fliesst das Wasser wieder zurück, und der Anlasswiderstand wird ausgeschaltet. Dieser Vorgang muss eintreten, sobald die Zugwiderstände zu gross werden oder aus irgend einem anderen Grunde die Beanspruchung der Akkumulatoren zu sehr steigt. Zur Sicherheit hat man eine selbstthätige Auslösung vorgesehen, durch die das Luftaustrittventil geöffnet wird, wenn die Stromstärke in einem der beiden von den Akkumulatoren kommenden Leitern 1200 Ampere übersteigt. In die Leitung sind nämlich Unterbrecher g, g eingeschaltet, durch welche Elektromagnete bethätigt werden, deren Anker mit dem Auslassventil verbunden sind.

Zu beiden Seiten des Flüssigkeitswiderstandes sind je neunzig Fulmen-Akkumulatorenelemente untergebracht, deren Elektroden in durchlöcherten Überzügen von Celluloid stecken. Die übrigen Akkumulatoren, und zwar zwei Batterien von je 96 Elementen, befinden sich, wie bereits erwähnt, in einem besonderen Wagen, der auf vier Achsen ruht und einschliesslich der Akkumulatoren 45 800 *kg* wiegt, d. i. 1300 *kg* mehr als die Lokomotive. Die Kapazität der Elemente auf dem Beiwagen beträgt 1000 Ampèrestunden, die der Elemente auf der Lokomotive 1500 Amperestunden bei einer Entladestromstärke von 500 Ampere.

Ganz vorn im abgeschrägten Teile des Aufbaues auf der Lokomotive ist ein Kompressor untergebracht, der von einem fünfpferdigen Elektromotor angetrieben wird und die Druckluft für die Westinghouse-Bremse, die Pfeife und mehrere elektrische Reguliervorrichtungen liefert. Zu den letzteren gehört ausser der bereits beschriebenen Anlassvorrichtung die Steuereinrichtung der Lokomotive. Zum Umkehren des Erregerstromes dienen nämlich Quecksilberkommutatoren, die aus zwei miteinander verbundenen Cylindern bestehen, in denen sich federbelastete Kolben bewegen. Je nachdem man hinter den einen oder den anderen Kolben Druckluft treten lässt, wird das Quecksilber mit dem auf ihm ruhenden Kolben gehoben. Zum Öffnen der entsprechenden Druckluftventile dient der Handhebel a.

Von den anderen Vorrichtungen ist der Umschalter b zu nennen, mittels dessen die nach den Elektromotoren führende Leitung ent-



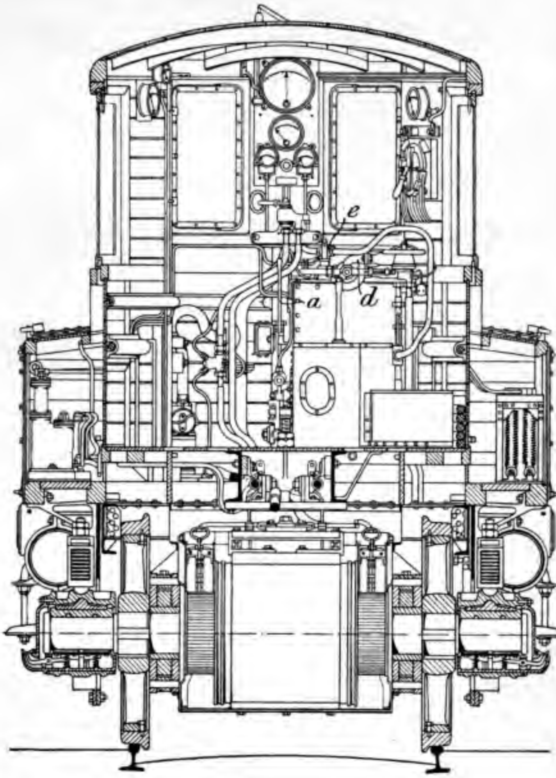
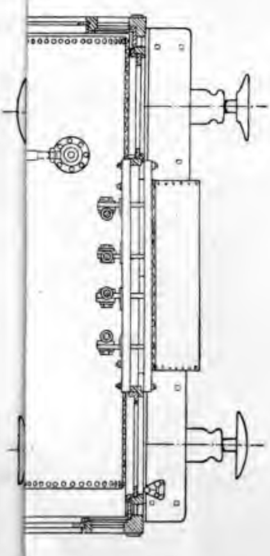


Fig. 99.



ipzig, Oskar Leiner.

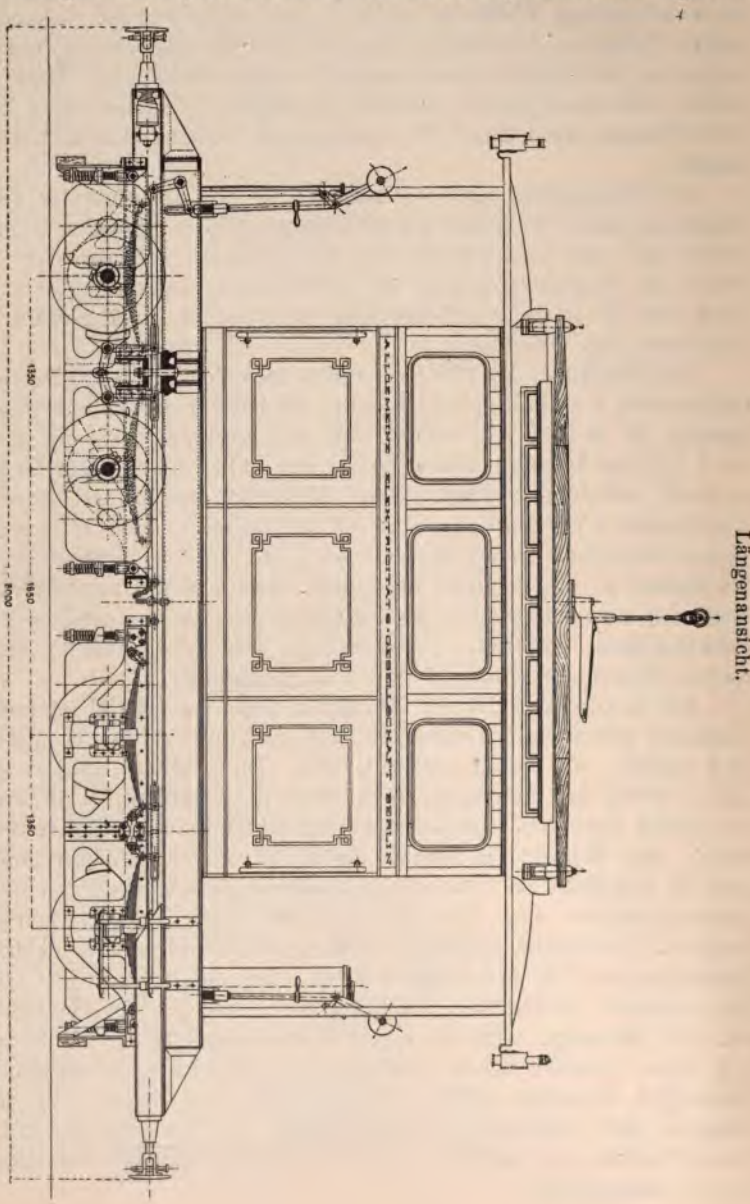
weder mit den Akkumulatoren auf der Lokomotive oder mit denen des Beiwagens verbunden wird. Ein zweiter Umschalter wird durch den Hebel c bethätigt; er dient dazu, die Akkumulatoren und Motoren in verschiedener Weise zu schalten, und zwar werden entweder die beiden Batterien des Wagens parallel und die Motoren in Reihe oder Batterien und Motoren hintereinander oder endlich die Batterien in Reihe und die Motoren parallel geschaltet. Die einzelnen Steuereinrichtungen sind durch Verriegelungen voneinander abhängig gemacht.

An Messgeräten sind vorhanden: je ein Strommesser für den gesamten durch die Anker der Motoren gehenden Strom, den Erregerstrom und den zum Antrieb des Kompressors verbrauchten Strom, ferner ein Spannungsmesser für die Klemmenspannung der Motoren, einer für die Batterie auf der Lokomotive und zwei für die Akkumulatoren des Beiwagens.

Die Thätigkeit des Führers und seines Gehilfen beim Betrieb der elektrischen Lokomotive ist folgende. Er hat vor der Abfahrt den Kompressor in Betrieb zu setzen, bis die Luftspannung im Behälter 6—7 *kg/qcm* beträgt, und während der Fahrt muss dieser Luftdruck aufrecht erhalten werden. Beim Abfahren sind zuerst durch den Umschalter b die Batterien auf der Lokomotive oder auf dem Beiwagen einzurücken; der Steuerhebel a ist auf Vorwärts- oder Rückwärtsgang zu stellen und dann sind mittels des Umschalters c die Batterien und Motoren so zu schalten, wie es die gewünschte Geschwindigkeit verlangt. Schliesslich wird der Anlasswiderstand durch Öffnen der Hähne d und e eingeschaltet.

Die Lokomotive ist im November 1897 in Betrieb gekommen; zunächst waren im Beiwagen 48 Elemente untergebracht, später 100 und zuletzt, wie schon erwähnt, 192. Die höchste Zuglast betrug 147 *t*, worin der Beiwagen, nicht aber die Lokomotive eingerechnet ist; damit liess sich eine Geschwindigkeit von 45 *km*-Std. erreichen, wobei die Motoren in Reihe geschaltet waren. Wenn man sie parallel schaltete, so liess sich auf ebener Strecke bequem eine Fahrgeschwindigkeit von 100 *km*-Std. mit einer Zuglast von 100 *t* erzielen. Bei dieser Schnelligkeit machen die Motoren rd. 500 Minuten-Umdrehungen; die Stromstärke eines jeden steigt bis zu 700 Ampere. Die gesamte elektrische Leistung der Lokomotive beträgt dann rd. 500 Kilowatt, was bei einem Wirkungsgrade der Motoren von 0,9 einer thatsächlichen Leistung von 611 PS entspricht. Die bisherigen Versuche hatten hauptsächlich den Zweck, die mechanischen und elektrischen Einrichtungen der Lokomotive auf ihre Brauchbarkeit zu prüfen und die Leistungsfähigkeit der Akkumulatoren festzustellen.

Die Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft zu Berlin hat eine Schmalspur-Lokomotive für gemischten Betrieb, welche in den Fig. 100 bis 104 dargestellt ist, konstruiert. Dieselbe ist, nach den Angaben



Spurweite 1000 *mm*; Geschwindigkeit 15 *km* i. d. Stde.; Zugkraft 1160 *kg*; Gewicht, betriebsfähig, 15 000 *kg*; Anzahl der Motoren 4 V. N. B. 125; Leistung eines Motors 13,3 PS.; Stromverbrauch eines Motors 25 Amp. bei 500 Volt; Tourenzahl der Motoren 400 i. d. Min.

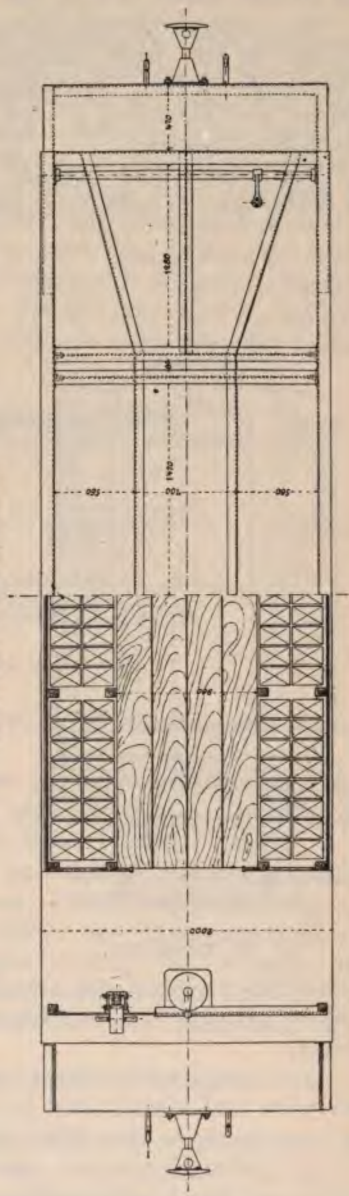
Fig. 100.

der genannten Gesellschaft, bestimmt, die Zufuhr und Abholung normalspuriger Güterwagen, welche zu diesem Zwecke auf Schmalspur-Untergestelle gesetzt werden, zu und von industriellen Etablissements im Innern von Städten zu besorgen. Sie ist für eine Spurweite von 1000 *mm* konstruiert, vollständig symmetrisch gebaut und besitzt vier Achsen, welche durch je einen Motor angetrieben werden und, mit Rücksicht auf das Durchfahren kleiner Kurven, zu je zwei in einem Drehgestell vereinigt sind.

Die Lokomotive ist imstande, bei einer Fahrgeschwindigkeit von 15 *km* in der Stunde eine normale Zugkraft von 1160 *kg* zu entwickeln. Zu diesem Zwecke muss das Adhäsionsgewicht, d. i. das Gesamtgewicht, der betriebsfähigen Lokomotive etwa 15000 *kg* betragen.

Der Oberkasten stützt sich mit je einem kugelförmigen Zapfen auf die Mitte der beiden Drehgestelle. Ausser dem Drehzapfen, welcher die Last des Oberkastens aufnimmt, sind an jedem Drehgestell noch zwei Gleitflächen vorhanden.

Die Rahmen der Drehgestelle bestehen aus Blechplatten, die durch ⊔- und L-Eisen miteinander verbunden sind und entsprechende Ausschnitte für die Achsen besitzen. Der Radstand der Drehgestelle beträgt 1,35 *m*, sodass selbst Kurven von 15 *m* Radius leicht durchfahren werden können. Die Räder haben im Laufkreise einen Durchmesser von 800 *mm*.



Grundriss des Oberkastens.

Fig. 101.

Die Übertragung des Lokomotivgewichtes auf die Achsschenkel geschieht durch Blattfedern aus einzelnen gerippten Stahllamellen von 70 *mm* Breite und 10 *mm* Dicke.

Die vorgeschriebenen Bahnräumer an jedem Drehgestell reichen bis auf 50 *mm* über Schienenoberkante hinab. Damit sich die Drehgestelle im Falle einer Entgleisung nicht quer zum Gleise stellen können, sind sie durch je eine kurze Kette an dem Untergestell des Oberkastens befestigt.

Die Bremse wird je nach Wunsch entweder als Spindel- oder als Exter'sche Wurfbremse ausgebildet und wirkt mit je einem

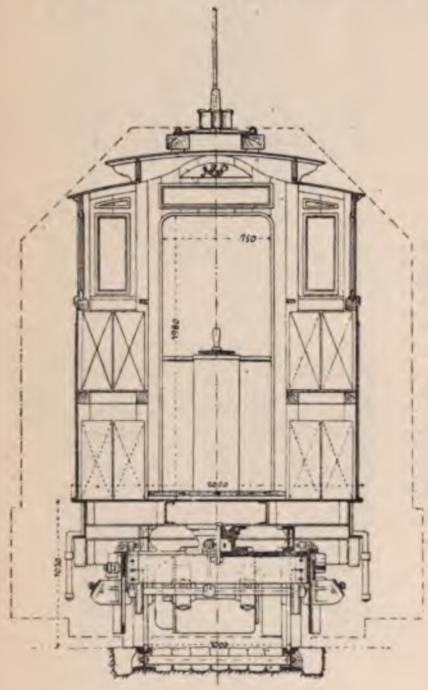


Fig. 102. Querschnitt.

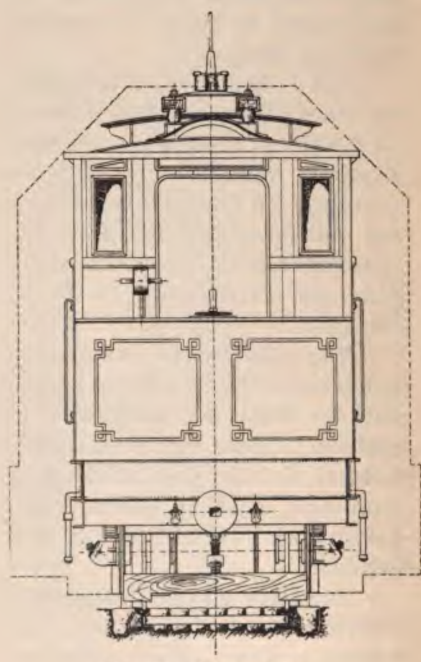


Fig. 103. Stirnansicht.

Bremsklotz auf jedes der acht Räder. Sie kann sowohl von dem Vorder- als auch von dem Hinterperron in gleicher Weise angezogen werden.

Der Oberkasten ist derart mitten auf das Untergestell aufgebaut, dass vorn und hinten noch je ein Perron frei bleibt, von welchem aus man durch je eine Thür in das Innere gelangen kann.

An jedem Perron ist eine Sandstreuvorrichtung angebracht, welche von Hand bedient wird.

Der Fussboden des Wagenkastens enthält Klappen, durch welche man leicht an die zu schmierenden Teile der Motoren u. s. w. gelangen kann.

Die elektrische Energie wird der Lokomotive durch Oberleitung üblicher Form zugeführt und die Stromabnahme erfolgt durch Rolle.

Damit die Lokomotive auch Gleisstrecken, auf denen eine Stromzuführung unmöglich ist, befahren kann, enthält sie im Innern des Wagenkastens eine Akkumulatorenbatterie, welche auf den Strecken mit Oberleitung geladen wird und auf Strecken ohne Zuleitung den Strom an die Motoren wieder abgiebt. Die Akkumulatorenbatterie besteht aus 200 Elementen, welche in zwei Etagen an den beiden Längsseiten des Wagenkastens in besonderen hölzernen Gestellen derart untergebracht sind, dass ihre Beaufsichtigung auch während der Fahrt jederzeit möglich ist. Die Batterie kann bei voller Ladung

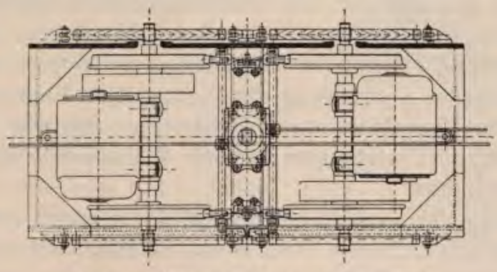


Fig. 104. Grundriss eines Drehgestells.

einen Strom von etwa 100 Ampère und 370 Volt eine halbe Stunde lang abgeben.

Um den Säuredämpfen Abzug zu gewähren, ist das Dach mit Oberlichtaufbau versehen. Aus dem gleichen Grunde erhalten die Eingangsöffnungen an den Stirnseiten keine Thüren.

Die vier Motoren sind einerseits unmittelbar auf den Laufradachsen gelagert, anderseits an dem Drehgestellrahmen derart federnd aufgehängt, dass nur die Hälfte des Motorgewichtes als nicht abgefederte Last auf die Achse wirkt. Der Antrieb der Laufachsen erfolgt mittels eines Zahnräderpaares aus Phosphorbronze und Gussstahl, die in einen Schutzkasten aus Eisenblech eingeschlossen sind.

Die normale Umdrehungszahl der Motoren beträgt rd. 400 in der Minute.

Auf jedem Perron ist vorn in der Mitte ein Umschalter angebracht und die Einrichtung so getroffen, dass jedesmal der in der Fahrtrichtung vorn liegende Umschalter benutzt wird, wodurch der

Lokomotivführer in der Lage ist, die Strecke genau übersehen zu können. Jeder Umschalter wird mit nur einer Kurbel bedient und dient zur Regelung der Fahrgeschwindigkeit, sowie zum elektrischen Bremsen. Auch kann durch dieselbe Kurbel die Fahrtrichtung geändert werden.

Die verschiedenen Geschwindigkeiten, wie sie besonders beim Verschiebedienst und beim Kleinbahnbetrieb erforderlich sind, werden durch verschiedenartige Schaltung der Motoren, sowie durch Änderung der Stärke des magnetischen Feldes erreicht. Für die geringeren Fahrgeschwindigkeiten werden die Motoren hintereinander, für grössere parallel geschaltet.

Der normale Stromverbrauch bei 500 Volt Spannung beträgt für jeden Motor etwa 25 Ampere. Jeder Motor leistet hierbei etwa 13,3 PS, während die maximale Leistung rd. 23,5 PS beträgt.

Wird die Kontaktrolle des Stromabnehmers ausser Berührung mit dem Fahrdrahte gebracht, so findet hierdurch ohne weiteres die Stromlieferung seitens der Akkumulatorenbatterie statt.

Die elektrische Ausrüstung der Lokomotive besteht ausser dem Stromabnehmer, der Akkumulatorenbatterie, den vier Motoren und den beiden Perron-Umschaltern, sowie den erforderlichen Kabelverbindungen noch aus:

1. Sicherungen zum Schutze der Motoren gegen schädliche Überlastungen, dieselben finden ihren Platz im Innern des Wagenkastens an einer leicht zugänglichen Stelle;

2. einer Blitzschutzvorrichtung mit selbstthätiger Funkenlöschung, bei welcher bewegliche, dem Einrosten u. s. w. ausgesetzte Teile vermieden sind;

3. einer Vorrichtung zur Ausschaltung der einzelnen Motoren im Falle eines Defektes;

4. dem schon erwähnten Widerstand zur Erzielung eines rucklosen Anfahrens und zur Bethätigung der elektrischen Bremsung;

5. der elektrischen Beleuchtung nebst den zugehörigen Ausschaltern und Anschlussdosen.

Die Beleuchtung der Lokomotive geschieht durch acht elektrische Glühlampen, von denen je vier in einen Stromkreis hintereinander geschaltet sind. Die Verteilung der Lampen ist folgende:

Die Signallaterne, welche im Sinne der jedesmaligen Fahrtrichtung vorn aufgesteckt werden kann, enthält zwei Glühlampen, während der Akkumulatorenraum durch sechs Lampen erleuchtet wird. Die Schaltung ist so getroffen, das auch beim Versagen eines Stromkreises in der Signallaterne noch eine und im Akkumulatorenraume noch drei Glühlampen brennen.

6. Lokomotive mit direkter Stromzuführung.

Wir kommen nunmehr zu denjenigen elektrischen Lokomotiven, denen die Betriebskraft lediglich von aussen und während der Fahrt zugeführt wird, die also ohne mitgeführten Kraftspeicher arbeiten.

Bis jetzt sind derartige Lokomotiven meist nur zum Verschiebedienst benutzt worden, wenn man von den zwei Anwendungen bei der Londoner elektrischen Untergrundbahn (siehe Seite 81) und der Baltimore-Ohio-Bahn absieht.

Die grosse elektrische Lokomotive der Baltimore- und Ohio-Bahn ist bestimmt, Personen- und Frachtzüge durch einen ca. 2250 *m* langen Tunnel von 8,23 *m* Breite und 6,7 *m* Höhe zu schleppen. Man ist bei der Verwendung dieser Betriebsart von dem Gedanken ausgegangen, die Belästigung durch Rauch und Feuergase, die sich in dem Tunnel stark geltend machte, durch den elektrischen Betrieb zu beseitigen. Angefertigt wurden die hierfür nötigen sechs Lokomotiven von der General Electric Co.

Zwei derartige Lokomotiven besitzen 30 bezw. 40 *t*, und vier 96 *t*.

Eine Lokomotive hat täglich 100 Züge durch den Tunnel und über die weiteren Anschlussstrecken von 2250 *m* Länge, insgesamt über eine Länge von rd. 4,50 *km*, zu schleppen. Die Personenzüge haben ein mittleres Gewicht von 500 *t* und müssen mit einer Geschwindigkeit von 56 *km* in der Stunde gefahren

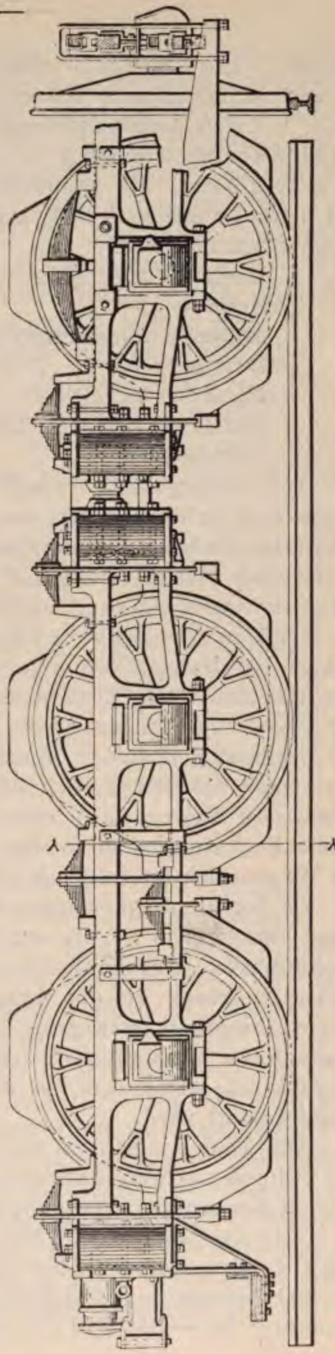


Fig. 105.

werden. Die Güterzüge wiegen im Mittel 1200 *t* und werden mit 24 *km* in der Stunde fortbewegt. Die Steigung im Tunnel beträgt 8 ‰, auf den Anschlussstrecken 15 ‰.

Die Lokomotive wiegt 96 *t* und ruht auf zwei Untergestellen mit je zwei Achsen, die sämtlich durch Motoren angetrieben werden. Die hauptsächlichen weiteren Mass- und anderen Zahlen seien hier kurz zusammengestellt:

Höchste Zugkraft	29000 *kg*
Spurweite	1,435 *m*
Äusserer Raddurchmesser	1,575 »
Gesamtlänge	10,670 »
Höhe bis zum Dach	4,343 »
Radstand an jedem Untergestell . . .	2,080 »
Grösste Breite	2,900 »

Die Untergestelle (vergl. Fig. 105, in welcher zugleich die Kuppelung zu ersehen ist) sind aus Schmiedeeisen hergestellt und haben Gussstahlräder. Jede Achse wird durch einen sechspoligen Motor angetrieben, welcher federnd aufgehängt ist und die Räder durch eine federnde Kuppelung unmittelbar antreibt.

Die Motoren sind je 12 *t* schwer und vollkommen geschlossen. Die Anker sind Nutenanker, welche für jede Windung eine Nute haben. Das mit der Welle des Ankers verbundene Kuppelungsrad besteht aus einem fünfarmigen Stern, der mit den Enden seiner Arme in das Triebrad eingreift. Zwischen den betreffenden Radspeichen und den Armen des Sterns sind Gummipuffer eingeschaltet, durch welche stossweisse Bewegungen verhindert werden. Die Ankerwelle trägt solche Kuppelungen an beiden Enden und treibt also je zwei durch die Wagenachse verbundene Räder.

Da bei dieser Anordnung Ankerwelle und Radachse konzentrisch liegen müssen, so ist die erstere hohl und die letztere führt durch sie hindurch. Der lichte Durchmesser der Ankerwellenbohrung ist 63,5 *mm* grösser als der Achsendurchmesser, sodass der Motor in seiner federnden Bewegung nicht gehindert ist. Die zwischengeschalteten Gummipuffer erlauben dem Motor diese Bewegungen auszuführen, ohne dass die Verbindung zwischen Motor und Räder beeinträchtigt wird.

Alle Teile des Motors und des Gestelles sind leicht zugänglich und schnell ab- und aufzumontieren. Auf diesen wichtigen Punkt hat der Konstrukteur besonders und mit Erfolg Rücksicht genommen.

Die Leistung jedes Motors beträgt bei normaler Belastung 360 PS oder 1440 PS für alle vier Motoren. Der Energiebedarf ist 900 Ampere bei 300 Volt für jeden Motor. Da die Betriebsspannung 600—700 Volt ist, so hat man je zwei Motoren in Reihe

geschaltet und die der Lokomotive zugeführte Stromstärke ist demnach 1800 Ampère. Für die Abnahme eines solchen beträchtlichen Stromes dient ein kupferner Kontaktschuh, der auf einem Doppelgelenkarm sitzt. Eine Kabelleitung verbindet den Schuh mit den Schaltapparaten.

Über die Stromleitung selbst ist im Kapitel XIV. näheres mitgeteilt.

Der Lokomotivführerstand ist aus Stahlblechwänden mit Holzfütterung hergestellt und in zwei Abteile geschieden, von denen jedes über einem Gestell liegt. In demselben befinden sich die Messinstrumente, ein Strommesser und ein Spannungsmesser, die selbstthätigen Ausschalter und die Schaltapparate, ferner auch die Bethätigungsvorrichtungen für die Bremsen und die Pfeife. Für die letzteren ist ein Druckluftbehälter auf der Lokomotive angebracht, für dessen Füllung eine elektrische Druckluftpumpe dient.

Mit diesen Lokomotiven wurden Versuche an Personenzügen angestellt und dabei ergab sich, dass man bei einem Zuggewicht

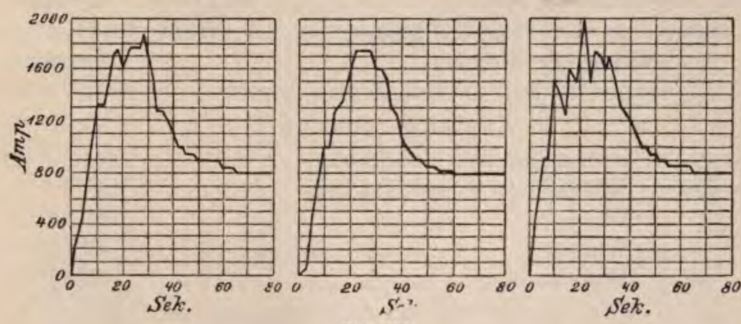


Fig. 106.

von 500 *t* nicht nur eine gewährleistete Geschwindigkeit von 48 *km*-Std., sondern sogar 55 und 64 *km* erreichen konnte. Die Lokomotive allein vermochte bei einer Steigung von $8^{0}/_{00}$ bis zu 98 *km*-Std. zurückzulegen. Von den zahlreichen mit Güterzügen gemachten Probefahrten verdient besonders eine hervorgehoben zu werden, bei welcher ein beladener Zug von 44 Wagen mit einer Dampflokomotive vorn und einer hinten im Gesamtgewicht von 1930 *t* geschleppt wurde, und zwar ohne dass die Dampflokomotiven in Betrieb waren. Die elektrische Lokomotive zog sanft an; nach kurzer Zeit riss zwar eine Kuppelung, wurde jedoch schnell wieder hergestellt. Alsdann erreichte man eine Fahrgeschwindigkeit von 19,3 *km*-Std. Der Stromverbrauch betrug beim Anziehen 2200 Ampère und ging allmählich auf 1800 Ampere zurück; dabei war die Spannung 625 Volt. Die Zugkraft wurde hierbei zu rund 28600 *kg* ermittelt. Die Lokomotivmotoren waren hintereinander geschaltet und leisteten

bei der betreffenden Stromstärke die höchste Zugkraft. Fig. 106 giebt den Verlauf der Stromkurve beim Anziehen eines anderen Zuges, und zwar in drei verschiedenen Fällen, wieder. Die Last war rd. 875 *t*, die Steigung betrug 8⁰/₀₀.

Was die Wirtschaftlichkeit des elektrischen Betriebes im Vergleich zu den Dampflokomotiven betrifft, kann eine Zahlenreihe angeführt werden, die aber nicht massgebend ist, weil eine beträchtliche Anzahl Dampflokomotiven einer einzigen elektrischen gegenüber gestellt werden. Immerhin ist es von Interessse, die Leistung und die Betriebskosten der letzteren kennen zu lernen. Die folgende Aufstellung bezieht sich auf den Monat Oktober 1895:

Anzahl der durch den Tunnel geschleppten Züge	353
Durchschnittliches Gewicht der Züge	1095 *t*
Durchschnittlicher Stromverbrauch	986 Amp.
Länge der gesamten durchfahrenen Strecke . .	6436 *m*
Durchschnittliche Fahrzeit	20 Min.
Gesamtlänge der von der Lokomotive im Dienst zurückgelegten Strecken	2272 *km*
Gesamtlänge der leer zurückgelegten Strecken .	6043 »

Kostenberechnung.

Centrale:	Bedienung der Maschinen	1345,70 $
	Kohle (1,35 $ pro Tonne)	400,96 »
	Öl	151,26 »
	Wasser	50,66 »
	Unterhaltung	25,42 »
	Zusammen:	1974,00 $
Lokomotive:	Gehalt der Bedienungsmannschaft .	200,00 $
	Öl u. s. w.	12,16 «
	Zusammen:	212,16 $
Insgesamt		2186,16 $
Betriebskosten für 1 *km*		0,263 «

Diese Kosten sollen sich nach der Berechnung von Parker bei zwei Lokomotiven auf 0,173 $, bei drei auf 0,143 $ erniedrigen. Die entsprechenden durchschnittlichen Kosten für die Güterzuglokomotiven von vier verschiedenen amerikanischen Eisenbahngesellschaften waren in der gleichen Zeit 0,163 $.

Vergleichende Beobachtungen bezüglich des Nutzeffektes sprechen zu Gunsten des elektrischen Betriebes; dieser ergab nämlich in Baltimore und Ohio einen Wirkungsgrad von 60—65% gegen 45—55% bei Dampfbetrieb, laut Versuchen auf der Pennsylvaniabahn und französischen Linien.

Eine 67 *t* schwere 1000 PS Verschiebelokomotive wurde von Sprague 1894—1895 für die North American Co. konstruiert und

ist dieselbe durch Fig. 107 in ihrer Seitenansicht dargestellt. Die Fig. 108 und 109 zeigen die innere Einrichtung eines Oberkastens ähnlicher Lokomotiven mit Anordnung der Schaltapparate u. dergl. Die obengenannte Lokomotive besitzt vier Achsen, die in einem Untergestell vereinigt sind. Die sämtlichen Räder von 1,42 m Durchmesser sind durch Kurbelstangen gekuppelt. Nur die vier äusseren Räder besitzen Flanschen.

Die vier Motoren sind für 800 Volt und je 250 Ampere gebaut, leisten mithin bei 93 % Nutzeffekt je 250 PS. Auch hier sind die Motoren direkt mit den Achsen verbunden, obgleich diese Lokomotive für geringe Geschwindigkeit und schwere Lasten verwendet wird.

Noch älteren Datums sind einige andere zwei- und vierachsige Lokomotiven mit 30 und 40 *t* Eigengewicht, welche indes durch die hier angeführten, durch Bild und Wort erläuterten, typisch vertreten sind.

In der königlichen Eisenbahn-Hauptwerkstätte Potsdam werden

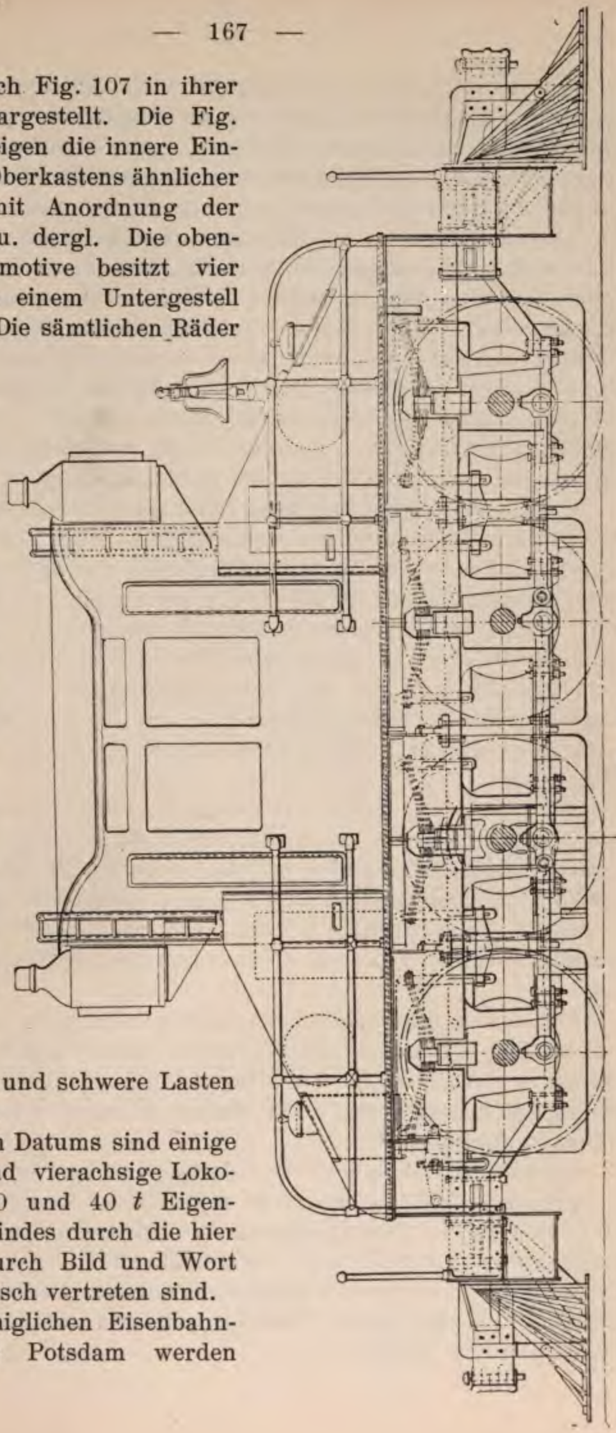


Fig. 107.

seit Mai 1901 die sehr umfänglichen Verschiebungen jener Wagen, welche zur Reparatur oder Revision heranzustellen sind oder aus der Werkstätte zurückkommen, mit Hilfe einer elektrischen Lokomotive durchgeführt. Die betreffenden Verschiebegleise sind zu diesem Zwecke mit oberirdischen Stromzuleitungen überspannt, vermittelst welcher die Lokomotive mit elektrischem Strom versehen wird. Letztere ist aus dem Untergestelle einer alten, ausgemusterten Tendermaschine hergestellt und besitzt genügend Kraft, um vier aus der Werkstatt kommende zweiachsige Wagen, welche in diesem Zustande bekanntlich besonders schwer laufen, ohne Anstand mit der gewöhnlichen Rangiergeschwindigkeit zu schleppen oder zu schieben. Diese von Siemens & Halske in Berlin gebaute Lokomotive ist in Fig. 110 dargestellt, besitzt eine Zugkraft bis zu 1400 *kg* und vermag zwei Schlafwagen und einen Gepäckwagen (rund 80000 *kg*) mit 1 *m* Geschwindigkeit in der Sekunde zu ziehen. Der Eigenwiderstand der Lokomotive beträgt 225 *kg*. Es erweist sich diese Neuerung als durchaus zweckdienlich und auch in wirtschaftlicher Beziehung vorteilhaft, weil nunmehr der grosse Arbeiterschub, welcher früher für die Bewältigung der lediglich durch Menschenkraft bewegten Wagenverschiebungen erforderlich war, bis auf die Lokomotivführer und einen oder zwei Hilfsarbeiter erspart bleibt. Diese Neuerung hat sich nun bei uns durchgerungen und ist [illegible] teuerer Rangierkosten [illegible] Anwendung von Elektrizität zu verringern.

[illegible] der Militärverwaltung [illegible] Jüterbog-Zossen in [illegible] Beförderung der mit [illegible] den Staatsbahngleise [illegible] eine [illegible] Geschwindigkeit zu [illegible]

[illegible] Rädern bei [illegible] als bei einer [illegible] gewöhnlicher [illegible] des Staats- [illegible]

[illegible] dargestellt [illegible] in Österreich [illegible] Personen- und [illegible] langen [illegible] das Ende [illegible]

seit Mai 1895 die sehr umfänglichen Verschiebungen jener Wagen, welche zur Reparatur oder Revision beizustellen sind oder aus der Werkstätte zurückkehren, mit Hilfe einer elektrischen Lokomotive durchgeführt. Die betreffenden Verschiebegleise sind zu diesem Zwecke mit oberirdischen Stromzuleitungen überspannt, vermittelst welcher die Lokomotive mit elektrischem Strom versehen wird. Letztere ist mit dem Untergestelle einer alten, ausgemusterten Tendermaschine versehen und besitzt genügend Kraft, um vier aus der Werkstatt kommende zweiachsige Wagen, welche in diesem Zustande bekanntlich besonders schwer laufen, ohne Anstand mit der gewöhnlichen Rangiergeschwindigkeit zu schleppen oder zu schieben. Diese von Siemens & Halske in Berlin gebaute Lookmotive, in Fig. 110 dargestellt, besitzt eine Zugkraft bis zu 1400 *kg* und vermag zwei Schlafwagen und einen Güterwagen (rund 80 000 *kg*) mit 1 *m* Geschwindigkeit in der Sekunde zu ziehen. Der Eigenwiderstand der Lokomotive beträgt 225 *kg*. Es erwies sich diese Neuerung als durchaus zweckdienlich und auch in wirtschaftlicher Beziehung vorteilhaft, weil nunmehr der grosse Arbeiterstand, welcher früher für die Bewältigung der lediglich durch Menschenkraft besorgten Wagenverschiebungen erforderlich war, bis auf die Lokomotivlenker und einen oder zwei Hilfsarbeiter erspart bleibt. Diese Überzeugung hat sich nun bei uns durchgerungen und ist man allenthalben bemüht, die mit Dampf so teueren Rangierkosten selbst in grösseren Fabriken durch Anwendung von Elektrizität zu verringern.

So wird z. B. eine auf der Materialbahn der Mühlenverwaltung des Berliner Holzcomptoirs Viktoriamühle bei Oderberg-Bralitz in Betrieb befindliche elektrische Lokomotive zur Beförderung der mit Nutzholz beladenen Eisenbahnwaggons nach dem Staatsbahngleise verwendet. Sie vermag bei einem Gewicht von etwa 3,5 *t* eine Bruttolast von 15 *t* mit 2 *m* sekundlicher Geschwindigkeit zu ziehen.

Ferner hat die chemische Fabrik von Heyden in Radebeul bei Dresden eine elektrische Lokomotive in Betrieb gestellt, die bei einem Gewicht von 12,77 *t* eine Last von 105 *t* mit 2,5—3 *m* sekundlicher Geschwindigkeit bewegt. Auch diese Materialbahn ist an das Staatsbahngleis angeschlossen.

Zwei weitere Lokomotiven, deren eine in Fig. 111 dargestellt ist, wiegen je 7500 *kg* und sind seit 1895 in Serajewo in Gebrauch; sie dienen dazu, den Güterverkehr zwischen dem Frachten- und Stadtbahnhof in Serajewo zu vermitteln. Auf der etwa 3 *km* langen Strecke sind von einer Lokomotive vom 1. September bis Ende Dezember 1895 im ganzen 7258 *km* gefahren und über 10 000 000 *kg* Güter befördert worden.



Schiemann, Bahnen.



Leipzig, Oskar Leiner.

Die hier genannten Zuggefährte sind von der Firma Siemens & Halske, Akt.-Ges. in Berlin, erbaut worden und durchweg mit Bügelkontakt versehen. Dieser letztere Kontakt eignet sich besonders gut für Verschiebedienst, da er sich bei Änderung der Fahrtrichtung von selbst umlegt und keiner Aufmerksamkeit des Führers bedarf.



Fig. 111.

Im äusseren Ansehen unterscheiden sich diese Gefährte wenig von gewöhnlichen Motorwagen. Ihre motorische Einrichtung ist ebenfalls diesen ähnlich. Motorgrösse und Übersetzung sind von Fall zu Fall anzupassen und begegnen noch geringeren Schwierigkeiten, als bei den immerhin im Platz mehr beschränkten Strassenbahnmotorwagen.

Eine in innerer konstruktiver Einrichtung etwas abweichende

Lokomotive wurde von der Vereinigten Elektrizitäts-Aktien-Gesellschaft in Wien vormals B. Egger & Comp. für Brauereizwecke geliefert, deren Aufgabe ist, Frachten, welche in zwei bis drei Anhängewagen untergebracht werden, sowie Personen, die im Oberkasten der Lokomotive selbst Platz finden, von der Brauerei zum Bahnhof und umgekehrt zu bringen.

Die Spurweite beträgt nur 690 *mm*. Die Lokomotive muss beim Fahren vom Bahnhofe in die Brauerei eine bedeutende Steigung überwinden. Der Radstand ist 1,5 *m*, sodass man Kurven von 12 *m* Radius durchfahren kann. Die Lokomotive fährt durchschnittlich 10 *km*-Std. Die Laufräder haben 700 *mm* Durchmesser. Die Anhängelast beträgt rd. 13 *t*. Der Motor, ein 15-pferdiger Hauptstrommotor, macht belastet 290 Umdrehungen in der Minute bei einer Betriebsspannung von 500 Volt. Die Lokomotive wiegt samt dem Motor ungefähr 9 *t*. Dieselbe überwindet die vorkommende maximale Steigung von $24^0/_{00}$ leicht.

Zur Bildung des Untergestelles ist in diesem Falle hauptsächlich der Motor selbst verwendet. Es sind an dem unteren Teile desselben symmetrisch auf beiden Seiten zwei starke ⊔-förmige Stahlgussträger angebracht, sodass sich vom Motor vier Arme wegstrecken. Diese Arme sind zu Führungen für die Achslager ausgebildet, auf welch' letzteren sie mittels starker Spiralfedern aufruhen. Ferner tragen je zwei Arme einen kräftigen Querbalken, auf welchem Puffer und Zugkette montiert sind. Das Untergestell ist somit samt dem Motor durch die Tragfedern vor Stössen geschützt; das System rührt von Eickemeyer her. Die Übertragung der Bewegung vom Motor auf die Laufräder erfolgt auf folgende Art: Auf jeder Seite der Motorachse sitzt je ein Stirnrad aus Bronze. Dieselben greifen je in eine gezahnte Kurbelscheibe, deren gemeinschaftliche Achse unter dem Motor gelagert ist, ein. Von diesen Kurbelscheiben wird die rotierende Bewegung durch Pleuelstangen auf alle vier Räder übertragen. Dadurch ist es möglich, mit einem Motor beide Radachsen direkt anzutreiben, was bei der grossen Steigung sehr erwünscht ist. Die Kurbelzapfen an den beiden Kurbelscheiben sind um 90° gegeneinander versetzt.

Der Motor ist ein, wie schon erwähnt, zweipoliger Hauptstrommotor. Er ist vollständig staubsicher abgeschlossen und vor Feuchtigkeit geschützt. Sein Magnetgehäuse ist zweiteilig; während der obere Teil durch Schrauben an dem unteren befestigt ist und durch den Fussboden des Wagenkastens hindurch abgehoben werden kann, bildet der untere, wie schon beschrieben, das Untergestell. Um vom Wagenkasten aus bequem zum Kollektor gelangen zu können, sind im oberen Teile des Magnetgehäuses Klappen angebracht. Der Anker

ist als Nutenanker konstruiert und mit Schablonenwickelung, die in Glimmer isoliert ist, versehen.

Der Wagenkasten ist aus Holz, mit Flach- und Winkeleisen entsprechend versteift und aussen mit Blech verschalt. Sein Dach ist 2,80 *m* von der Schienenoberkante entfernt, seine Breite ist 1,49 *m*. An beiden Stirnseiten ist er ausgebaucht; der Innenraum dieser Ausbauchungen nimmt die Sandkasten und die nötigen Widerstände auf. Das Innere des Wagenkastens wird durch zwei mit der Lehne aneinanderstehende, umklappbare Bänke in zwei Hälften geteilt. Mit Hilfe eines Flaschenzuges, der an einem zu diesem Zwecke an der Decke angebrachten Ringe aufgehängt wird, kann nach Öffnung der Fussbodenklappe der obere Teil des Motorgehäuses abgehoben und eventuell auch der Anker herausgenommen werden. Auf diese Weise ist es möglich, Reparaturen am Motor vorzunehmen, ohne das Untergestell zu demontieren.

Zu den zwei Abteilungen des Wagenkastens gelangt man durch zwei seitlich angebrachte Thüren. Beide Stirnseiten sind mit drehbaren Fenstern versehen und zu Führerständern ausgebildet. Der Wagenkasten ruht mit vier Blattfedern und vier Spiralfedern auf dem Stahlgussrahmen auf.

Die Bremsung der Lokomotive wird mittels Spindelbremsen bewerkstelligt, und zwar kann die Bremse von beiden Führerständen aus bethätigt werden. Alle vier Räder werden gebremst. An beiden Führerständen sind noch die Hebel der Sandstreuvorrichtung angebracht.

Die elektrische Einrichtung der Lokomotive ist folgende: An beiden Führerständen ist nebst Bremskurbel und Sandstreuhebel ein Schaltapparat zur Regulierung der Geschwindigkeit angebracht. Der Schaltapparat ermöglicht auch durch Kurzschluss des Ankers eine elektrische Bremsung. Ferner befinden sich noch im Wagen die nötigen Schalter und Sicherungen für die Beleuchtung.

Im Wagenkasten sind an der Decke zwei Glühlampen montiert, ferner trägt die Lokomotive aussen an jeder Stirnseite eine Signallaterne, welche drei Glühlampen enthält. Je nach der Fahrtrichtung brennt die vordere Signallampe immer gemeinschaftlich mit der Innenbeleuchtung. Fährt aber die Lokomotive nicht allein, sondern mit einem Anhängewagen, so hat die entsprechende Signallaterne und eine der beiden Glühlampen, und zwar die beim Führerstand, dafür eine Glühlampe in dem Anhängewagen zu brennen. Diese Schaltungen werden durch zwei Schalter bewirkt.

Die Zuleitung des Stromes ist oberirdisch und zwar ist das Rollensystem angewendet. Die Rollenstange ist aber nicht wie gewöhnlich am Dache der Lokomotive, sondern an deren Seite auf einer Konsole angebracht. Diese Anordnung wurde deshalb getroffen,

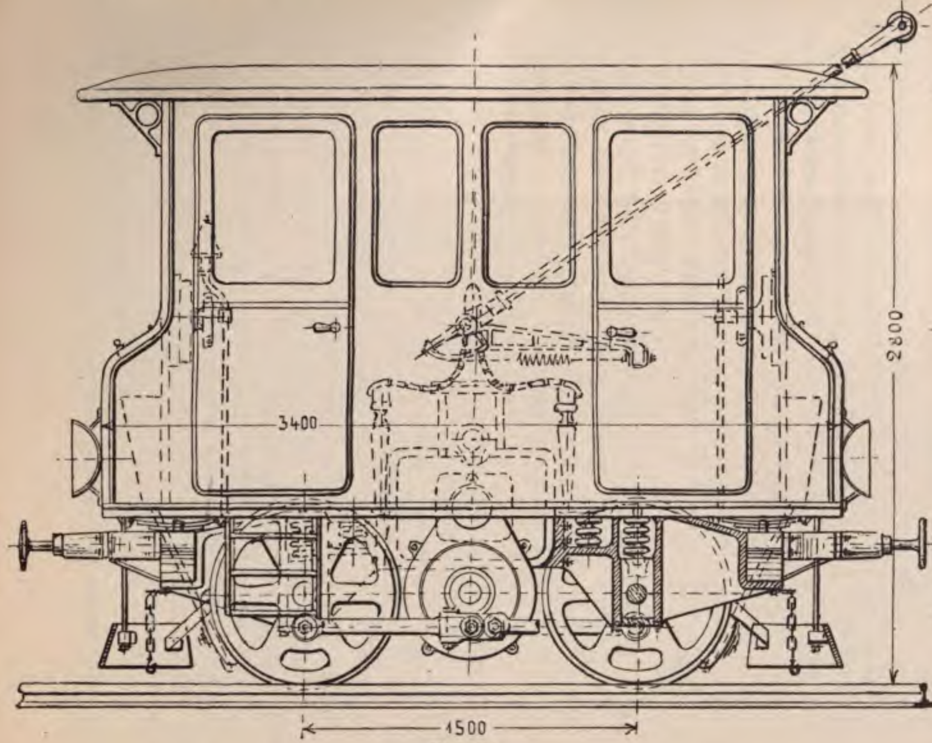


Fig. 112.

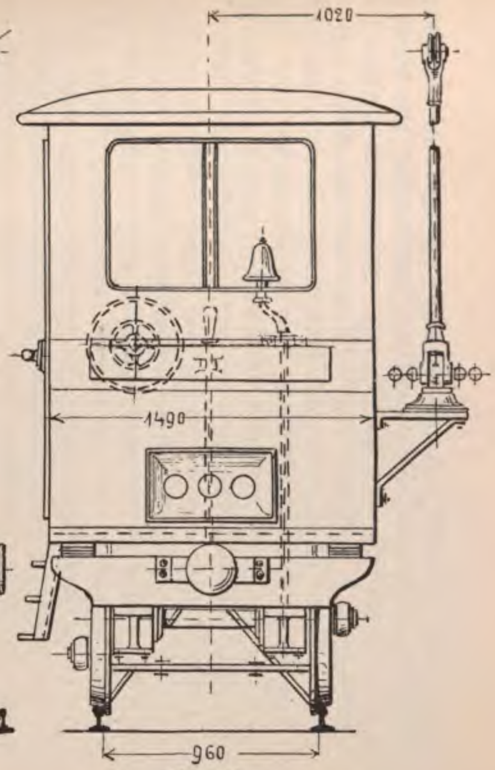


Fig. 113.

weil die an und für sich 2,80 *m* hohe Lokomotive 3 *m* hohe Thore zu passieren hat, wodurch das Aufsetzen der Rollenstange auf dem Dache unmöglich wurde. Unter der Konsole für die Stange ist eine Blitzschutzvorrichtung und eine Hauptbleisicherung angebracht. Diese beiden sind vor Regen gut geschützt. Die Bleisicherung ist ausserdem in einem leicht zu öffnenden Thonkästchen verschlossen. Die Lokomotive trägt auf jeder Seite einen Schienenräumer, der am Untergestell befestigt ist. Ferner sind die Kurbelscheiben mit ihren Zahnrädern durch Schutzkästen aus schwachem Guss abgedeckt.



Fig. 114.

Die in ihrem unteren Teile so viel Öl aufnehmen können, dass die Zahnräder ständig in Öl laufen. Um das Eindringen von Staub zu verhindern, sind diese Radschutzkasten entsprechend abgedichtet.

Das ganze Untergestell wurde mit einer Blechverschalung umgeben, welche so eingerichtet ist, dass man durch Thüren leicht zu allen Teilen des ersteren gelangen kann. Durch all diese Vorkehrungen wird ein Dauerbetrieb absolut gefahrlos und die Wartung der Maschine äusserst vereinfacht.

Der Stromkonsum der Lokomotive, und zwar bei Beförderung von 13 Tonnen Last auf 24 ‰ Steigung mit 6 *km*-Std. Geschwindigkeit, ist 24 Ampere bei 500 Volt.

In Fig. 112 und 113 ist eine zeichnerische und in Fig. 114 eine photographische Darstellung der Egger-Lokomotive gegeben.

Der durch die Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft zu Berlin gegebenen Beschreibung einer zweiachsigen elektrischen Vollbahnlokomotive für gemischten Dienst entnehmen wir das Folgende unter Beifügung der hierzu gehörigen Figuren 115—118.

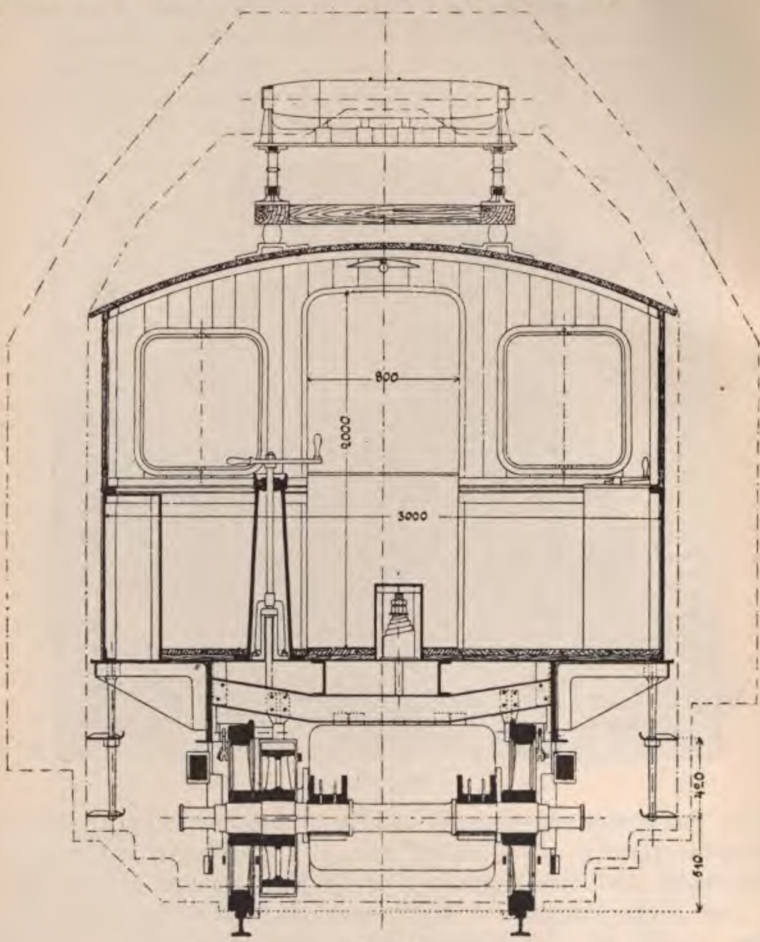
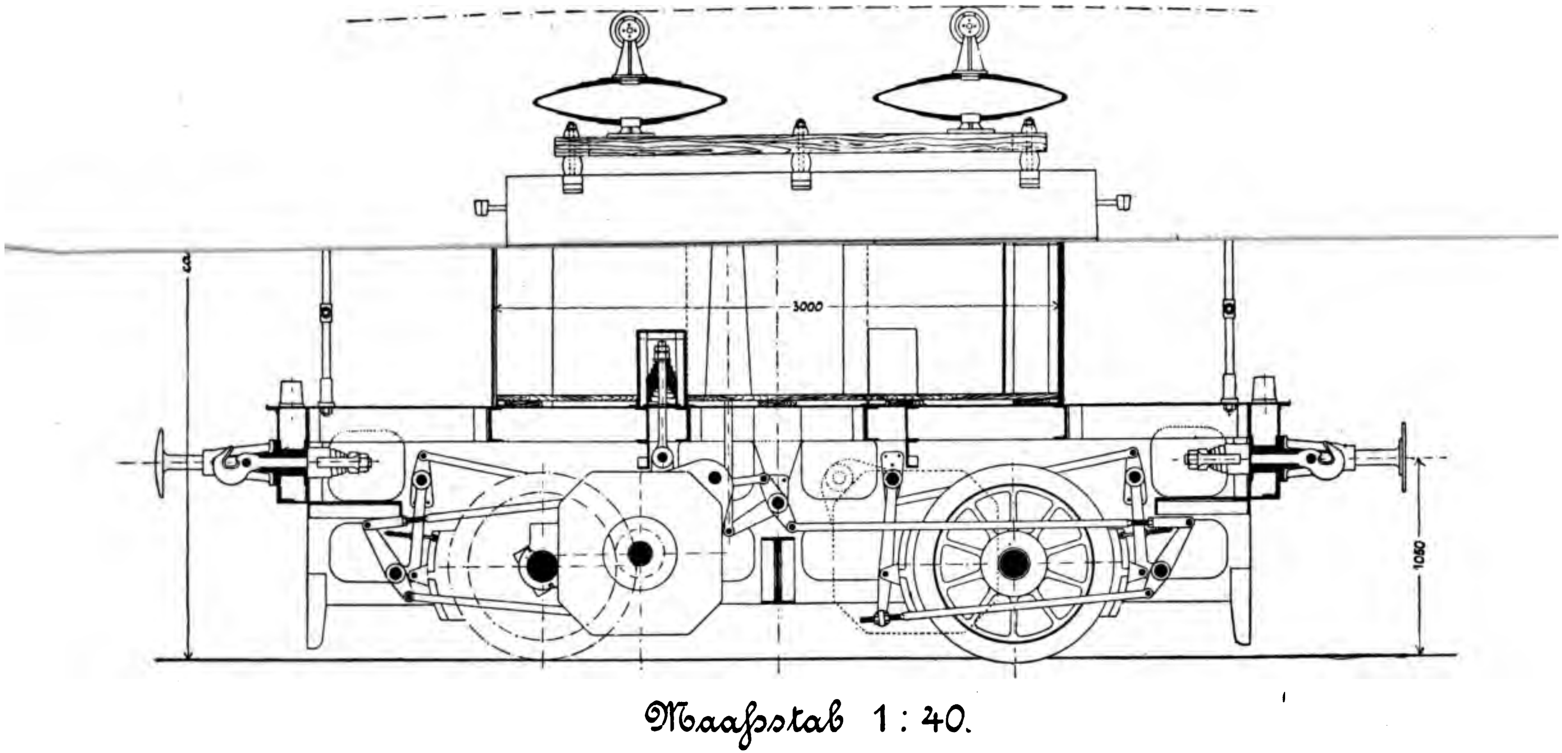


Fig. 117.

Die Lokomotive kann sowohl zur Beförderung von Güter- und Personenzügen, als auch für Anschluss- und Verschiebedienst Verwendung finden. Sie ist für die normale Spurweite von 1435 *mm* konstruiert, vollständig symmetrisch gebaut, und besitzt zwei Achsen, welche durch je einen Motor angetrieben werden. Die »Normalien für Betriebsmittel der Preussischen Staatsbahnen« und die Vor-



Schiemann, Bahnen. Fig. 116. Leipzig, Oskar Leiner.

schriften der »Betriebsordnung für die Haupteisenbahnen Deutschlands«, sowie die »Technischen Vereinbarungen des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen« sind für die Konstruktion massgebend ge-

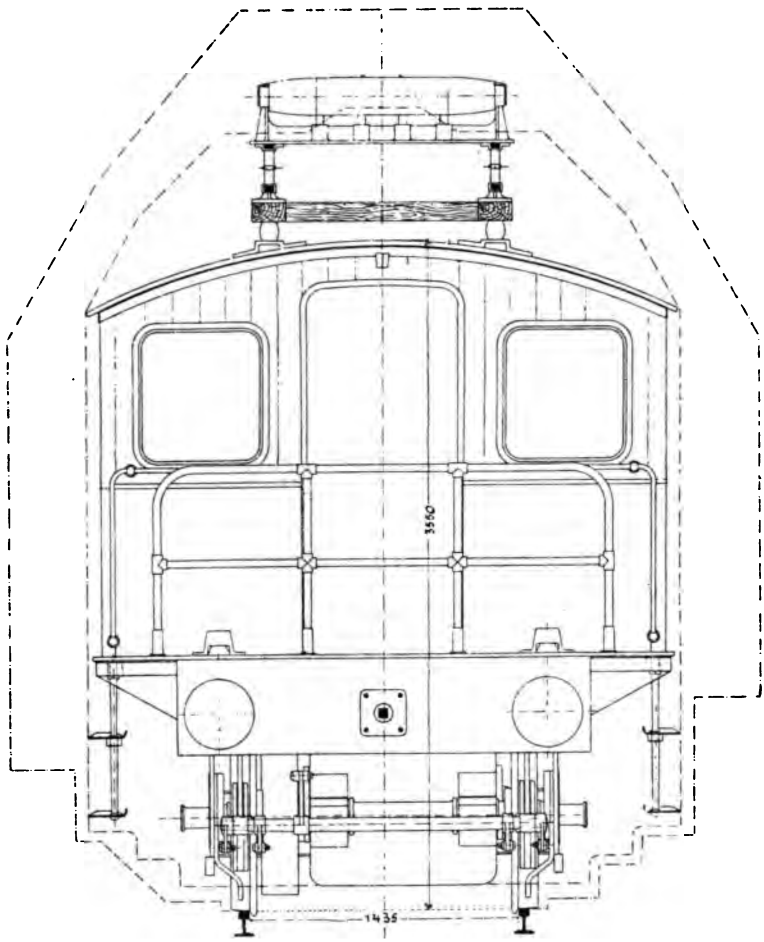


Fig. 118.

wesen, sodass der Beförderung der Lokomotive auf den Vollbahnen Hindernisse nicht entgegenstehen bis auf den aus der Umgrenzungslinie für die festen Teile der Betriebsmittel hervorragenden Stromabnehmer.

Die Lokomotive ist imstande, einen Zug von 120 000 *kg* mit einer Geschwindigkeit von 14 *m* in der Sekunde oder 50 *km* in der

Stunde auf der wagerechten Strecke zu befördern. Zu diesem Zwecke muss das Adhäsionsgewicht, d. i. das Gesamtgewicht, der betriebsfähigen Lokomotive etwa 20000 *kg* betragen. Um dies zu ermöglichen, sind Ballastkästen vorhanden, welche mit Sand oder anderem Ballast gefüllt werden können. Die Lokomotive ist mit Ausnahme der oberen Hälfte des Führerhauses sowie des Fussbodenbelages ganz aus Eisen und Stahl hergestellt.

Das Untergestell besteht im wesentlichen aus zwei die Langträger bildenden Blechrahmenplatten, welche durch kräftige [-Eisen bezw. Bleche mit geschweissten L-Eisenrahmen gehörig gegeneinander versteift sind und vorn und hinten die Pufferbohlen und Bahnräumer tragen. Letztere reichen bis auf 60 *mm* über Schienenoberkante hinab. Die Zugstange ist aus konstruktiven Gründen nicht durchgeführt worden; es musste daher jeder Zughaken mit einer besonderen Feder in der Pufferbohle gelagert werden.

Der Radstand beträgt 2500 *mm* und die Räder haben im Laufkreise einen Durchmesser von 1000 *mm*.

Zur Erzielung möglichst gleicher Achsbelastungen ist an den beiden Längsseiten des Rahmens je ein Balancier angebracht, welcher eine etwaige Überlastung einer Tragfeder auf die andere überträgt. Die Federgehänge sind mit Muttern versehen, wodurch die Pufferhöhe jederzeit leicht reguliert werden kann.

Die Bremse wirkt mit je zwei Bremsklötzen auf jedes der vierRäder.

Das zum Schutze gegen Witterungsunbilden rings geschlossene und mit der genügenden Anzahl von Fenstern versehene Führerhaus ist derart mitten auf das Untergestell aufgebaut, dass vorn und hinten noch je ein Perron frei bleibt, von welchem aus das Führerhaus durch eine Drehthür zugänglich ist. Dasselbe besitzt eine Breite von 3 *m*, sodass ein Übersehen des ganzen Zuges von der Lokomotive aus möglich ist. Als Schutz gegen Hinabfallen ist jeder Perron mit einem Geländer aus Eisenrohr versehen. Zum Besteigen dienen an jeder Seite zwei an dem Trittblech befestigte eiserne Tritte. Das Führerhaus besteht der besseren Isolation wegen in seiner oberen Hälfte aus Holz und enthält im Innern die weiter unten beschriebenen elektrischen Einrichtungen, sowie die Anzugvorrichtung für die Bremse. Diese ist in einer entsprechenden gusseisernen Säule gelagert und gestattet jedesmal das Anziehen sämtlicher acht Bremsklötze. An den Wänden unterhalb der Fenster befinden sich die schon erwähnten Ballastkästen, sowie ein verschliessbarer Schrank zur Aufnahme der nötigen Werkzeuge u. s. w. Zum Signalgeben ist die Lokomotive mit einer durch Druckluft betriebenen Pfeife ausgerüstet. Die zum Pfeifen erforderliche Luft wird durch einen Motor-Compressor auf dem Führerstande erzeugt.

Der Fussboden ist ebenfalls aus Holz hergestellt und enthält Klappen, durch welche man leicht an die zu schmierenden Teile der Motoren u. s. w. gelangen kann.

Um der Lokomotive die elektrische Energie zuzuführen, dient ein der Länge nach über dem Gleise ausgespannter Fahrdraht. Die Stromabnahme erfolgt durch zwei auf dem Dache angebrachte Walzen aus Bronze, welche, auf Blattfedern befestigt, von unten in senkrechter Richtung gegen die Fahrdrahtleitung drücken. Von der Anwendung einer Kontaktrolle üblicher Konstruktion musste auch hier mit Rücksicht auf die häufig wechselnde Fahrtrichtung, sowie wegen der in diesem Falle erstrebenswerten Vermeidung von Luftweichen, Abstand genommen werden.

Die Fahrleitung besteht aus mehreren in einem wagerechten Abstande von 150 *mm* angebrachten je 8 *mm* starken Drähten aus Hartkupfer, welche gegeneinander nicht isoliert sind. Die Fahrleitung wird derart aufgehängt, dass ihr tiefster Punkt 4900 *mm* über Schienenoberkante liegt. Die zum Tragen der Fahrleitung dienenden Maste mit Auslegern stehen in Entfernungen von rd. 40 *m* längs der Bahn. Die Fahrschienen sind stromleitend verbunden und zur Rück-Leitung benutzt.

Die Lokomotive besitzt zwei eingekapselte Nebenschlussmotoren mit üblicher Achsaufhängung und Zahnradübersetzung.

An der einen Längswand ist im Innern des Führerhauses der Umschalter angebracht und die Einrichtung so getroffen, dass mittels desselben sowohl vorwärts als auch rückwärts gefahren werden kann. Der Umschalter hat zu diesem Zwecke zwei Kurbeln; mittels der einen geschieht lediglich die Regulierung der Fahrgeschwindigkeit, während die andere Kurbel nur ein Stromwender ist, mittels dessen der Arbeitsstrom sowohl der jeweiligen Fahrtrichtung entsprechend umgekehrt, als auch ganz abgeschaltet werden kann.

Die verschiedenen Geschwindigkeiten werden durch verschiedenartige Schaltung der Motoren, sowie durch Änderung der Stärke des magnetischen Feldes erreicht. Für die geringeren Fahrgeschwindigkeiten werden die Motoren hintereinander, für grössere parallel geschaltet.

Der normale Stromverbrauch bei 500 Volt Spannung beträgt für jeden Motor etwa 150 Ampere. Jeder Motor leistet hierbei etwa 84 PS, während die maximale Leistung ca. 150 PS beträgt.

Die elektrische Ausrüstung der Lokomotive besteht ausser den Stromabnehmern, den beiden Motoren und dem Umschalter, sowie den erforderlichen Kabelverbindungen noch aus:

1. Sicherungen zum Schutze der Motoren gegen schädliche Überlastungen, dieselben finden ihren Platz innerhalb des Führerhauses an einer leicht zugänglichen Stelle;

2. einer Blitzschutzvorrichtung mit selbstthätiger Funkenlöschung, bei welcher bewegliche, dem Einrosten u. s. w. ausgesetzte Teile vermieden sind;

3. einer Vorrichtung zur Ausschaltung der einzelnen Motoren im Falle eines Defektes;

4. einem Widerstand zur Erzielung eines rucklosen Anfahrens und zur Bethätigung der elektrischen Bremsung;

5. der elektrischen Beleuchtung nebst den zugehörigen Ausschaltern und Anschlussdosen.

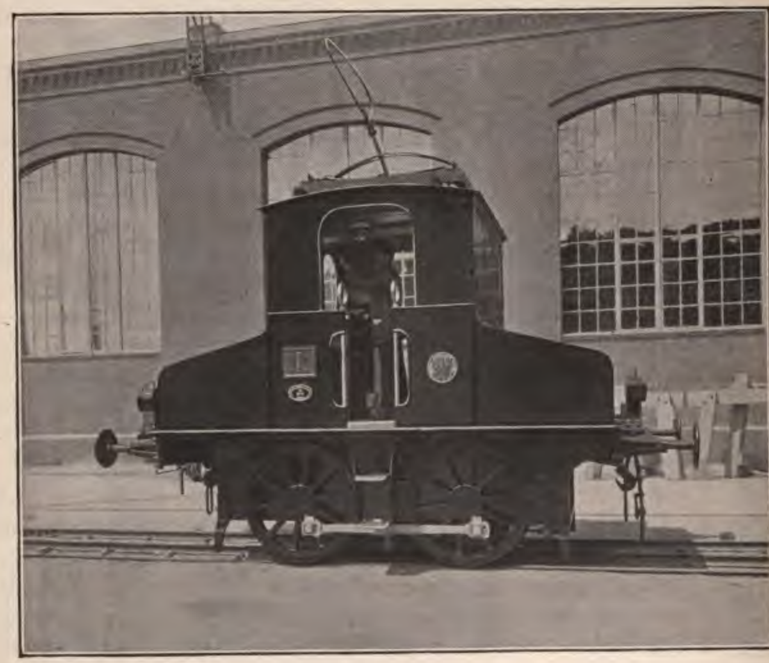


Fig. 119.

Die Beleuchtung der Lokomotive geschieht durch acht elektrische Glühlampen, von denen je vier in einen Stromkreis hintereinander geschaltet sind. Die Verteilung der Lampen ist folgende:

Wird die Lokomotive zur Zugförderung benutzt, so erhält sie vorn über den Puffern zwei Laternen mit je zwei Glühlampen; wird sie dagegen zum Rangieren verwendet, so wird vorn und hinten über einem Puffer je eine Laterne mit je zwei Glühlampen angebracht. Die eine oder andere Beleuchtungsweise kann durch Umstecken der Laternen je nach Erfordernis ohne weiteres ausgeführt werden. Zu

diesem Zwecke ist jede der vier unteren Laternenstützen mit einer Anschlussdose für die Stromzuleitung versehen. Das Innere des Führerhauses wird in beiden Fällen durch vier Glühlampen erleuchtet, welche unter dem Dache angebracht sind. Die Schaltung ist so getroffen, dass auch beim Versagen eines Stromkreises in den beiden Signallaternen noch je eine und im Führerhaus zwei Glühlampen brennen.

Die in Fig. 119 dargestellte Rangier-Lokomotive wurde von der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft in Berlin für die Königl. Eisenbahn-Werkstätten-Inspektion in Gleiwitz in Ober-Schlesien geliefert. Dieselbe hat ein Gewicht von 9 *t* und kann bei einer Geschwindigkeit von 5 *km*-Std. eine Zugkraft von 800 *kg* hervorbringen. In dieser Lokomotive finden wir die typische Form der meisten elektrischen Lokomotiven wieder, welche darin besteht, dem Führer einen geschützten Stand in der Mitte des Gefährtes zu geben, damit er von seinem Standpunkt aus die Strecke nach vorn und hinten gleich gut übersehen kann. Die hier dargestellte Lokomotive hat äusserlich viel Ähnlichkeit mit den Dampflokomotiven. Der Stromabnehmer ist hier als umlegbarer Bügel ausgebildet, weil er so den geforderten Verhältnissen am besten entsprechen konnte. Die beiden Achsen sind durch Kurbelstange gekuppelt, wodurch die Adhäsion der Lokomotive selbst dann vollständig ausgenutzt wird, wenn die Adhäsionsverhältnisse des einen Räderpaares stellenweise ungünstiger sein sollten, wie die des anderen. Die vollständig symmetrische Anordnung bei beiden Horizontalachsen ist ein weiteres Merkmal der elektrischen Lokomotiven.

Je kleiner die Spurweite einer Bahn ist, um so sorgfältiger müssen die Betriebsmittel gebaut sein, und um so schwieriger gestaltet sich die Konstruktion der Zuggefährte. Da z. B. das preussische Kleinbahngesetz selbst Spuren von 60 *cm* vorsieht, musste man daran gehen, elektrisch betriebene Gefährte für diese Spur zu bauen.

Die gewöhnliche Aufhängung der Motoren an den Achsen lässt sich für Motorwagen schwer durchführen, wenn man nicht zu der Transmission mittels Schnecke greifen will. Es ist für Bahnen mit derartig geringer Spur demnach richtiger, besondere Lokomotiven statt Motorwagen anzuwenden und kann in dieser Beziehung auf die bei der Budapester Millennium-Ausstellung von der Firma Ganz & Co., im Verein mit der Firma Rossemann & Kühnemann, beide in Budapest, verwiesen werden.

Das in Fig. 120 dargestellte Bild zeigt diese Bahn in photographischer Ansicht. Die Lokomotive zog drei Anhängewagen und bewältigte so den Verkehr innerhalb des Ausstellungsgeländes. Die



Fig. 120.

grösste Steigung dieser Bahn war 20⁰/₀₀. Die in Fig. 121 u. 122 schematisch gezeigte Lokomotive besass zwei Achsen, deren jede von einem

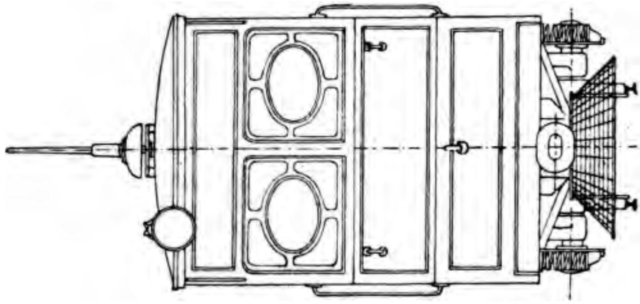


Fig. 122

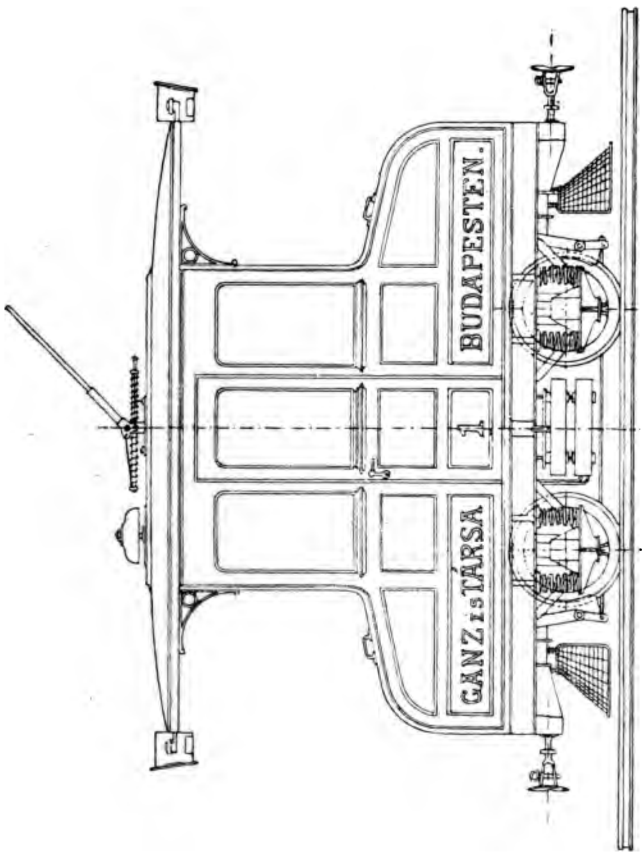


Fig. 121.

Gleichstrommotor mittels doppelten Zahnradvorgeleges angetrieben wurde. Da die kleine Spurweite von 60 *cm* nicht gestattet, die

Motoren nach gebräuchlicher Art zwischen die Laufräder in das Untergestell einzulassen, so wurden diese direkt beim Führerstand im Wageninnern angeordnet. Jeder Motor erhält einerseits auf der Vorgelegeachse, anderseits auf dem Untergestell der Lokomotive eine federnde Unterstützung. Diese Art der Motoren-Aufhängung hat den Vorteil, dass die Instandhaltung und Reinigung der Motoren infolge der bequem zugänglichen Anordnung sehr erleichtert ist — ein Vorteil, der bei dem sozusagen ununterbrochenen Betriebe der Ausstellungsbahn ganz besonders hervortrat.

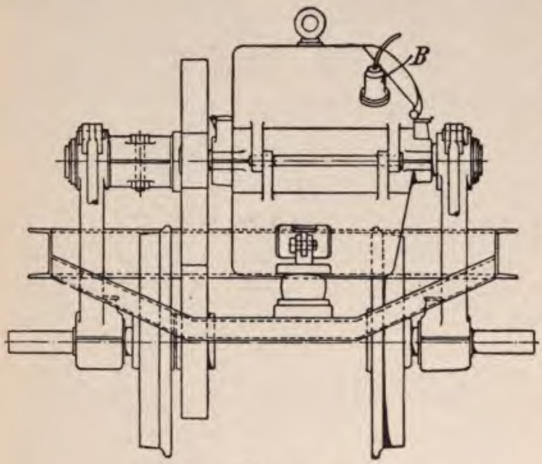


Fig. 123.

Die Motoren sind vierpolig; das Magnetgestell ist zweiteilig und aus Stahlguss ausgeführt; der Ringanker besitzt einen Durchmesser von 400 *mm*; die Windungen sind an der Kommutatorseite so verbunden, dass die Stromzuführung zu den Motoren durch zwei um 90° versetzte Kohlenbürsten erfolgt. Die Ankerwelle ist aus Stahl, ihre Zapfen sind gehärtet, die Lager mit Weissmetall ausgegossen. Die Übersetzung der Motorwelle auf die Laufradachse ist

$$\frac{14}{68} \times \frac{68}{49} = \frac{1}{3,5}.$$

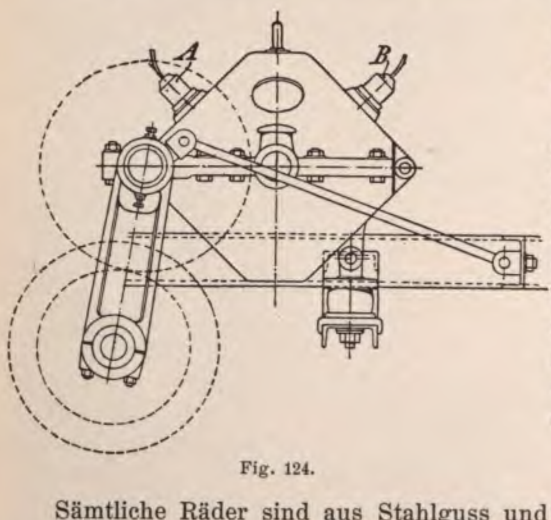


Fig. 124.

Sämtliche Räder sind aus Stahlguss und verschalt.

Die Lokomotive besitzt einen Handregulator, welcher es dem Führer ermöglicht, die Motoren parallel oder in Serien zu schalten,

um hierdurch die Fahrgeschwindigkeit verändern zu können. Die Veränderbarkeit der letzteren wird überdies noch durch Anlass- und Nebenschluss-Widerstände, die als feuersichere Blattwiderstände mit Asbest-Isolierung ausgeführt sind, derart erhöht, dass zwölf Stellungen erreicht werden konnten; überdies ist für die Umsteuerung auch ein besonderer Umschalter angebracht.

In den Figuren 123 und 124 ist die Aufhängung der Motoren gezeigt. Die Centralen zwischen den beiden Zahnradpaaren sind einmal durch das Motorgestell selbst und zum anderen auch durch besonders vorgesehene Arme stets in richtiger Entfernung gehalten.

Die Lokomotiven waren mit je zwei 28 pferdigen Motoren für 300 Volt Betriebsspannung ausgerüstet und haben ein Gewicht von 4,5 *t*; sie ziehen gewöhnlich drei bis vier offene Personenwagen von 1,2 *t* Gewicht für je 20 Personen und fahren mit 40 Ampere Anlaufstrom leicht an.

Die Ausstellungsbahn, welche mit zwei Gleisen die Ausstellungs-Ringstrasse entlang lief, wurde von zwei Lokomotiven und sechs bis acht Wagen der geschilderten Form während des ganzen Tages befahren. Den erforderlichen Strom (300—330 Volt Betriebsspannung) lieferte je eine Maschine mit einer normalen Leistungsfähigkeit von 33000 Watt bei 250 Minuten-Umdrehungen. Der Strom wurde mittels Kontaktrolle abgenommen.

Lokomotiven dieser und ähnlicher Form sind von der Firma Ganz & Co. auf der Grubenbahn Baglyasalja, der elektrischen Bahn Maros—Szlatina und der Budapest—Rákospalotaer Bahn im Betrieb.

XIII.

Grosseisenbahnen.

1. Allgemeines.

Nachdem sich die Elektrizität der Kleinbahnen mit Erfolg bemächtigen konnte und nachdem auch für die in den vorhergehenden Kapiteln beschriebenen Betriebsarten ein Vorzug bei Anwendung der Elektrizität erkannt werden musste, lag es nahe, auch auf die Vollbahnen mit eigenem Bahnkörper, die sogenannten Haupt- und Nebenbahnen, überzugehen. Wir befinden uns heute in diesem Übergangsstadium und wollen nunmehr sehen, welche Anstrengungen von Seiten der Industrie gemacht wurden, um sich dieses neue Feld gänzlich zu erobern. Bis vor kurzem war uns der Amerikaner einen grossen Schritt vorausgeeilt, weil Neuerungen im Eisenbahnwesen wegen des Privatbesitzes der Eisenbahnen dort schneller zur Durchführung gelangen können, als bei uns, wo der Staat mit seiner naturgemässen Bedächtigkeit das Grosseisenbahnwesen beherrscht. Indes ist auch bei uns das Interesse für die Haupt- und Nebenbahnen bereits so hoch gespannt, dass es zur endgiltigen Entscheidung nur noch weniger Jahre bedürfen wird. Der amerikanische Vorsprung wird alsdann langsam, aber sicher eingeholt werden.

Der elektrische Betrieb auf den Haupteisenbahnen würde bei uns vom Standpunkte der Landesverteidigung Bedenken haben können. Indes sind die Vorteile der elektrischen Betriebsführung so bedeutende, dass militärische Rücksichten dagegen nicht aufkommen können, sobald die Prüfung der wirtschaftlichen und technischen Fragen zu Gunsten der elektrischen Betriebsweise endgiltig erledigt sein wird.

Die Einführung des elektrischen Betriebes auf Vollbahnen hat aufgehört, eine technische Frage zu sein und beschränkt sich heute nur noch auf Erwägungen der Wirtschaftlichkeit, sowohl für den Betrieb selbst, als auch für die Volkswohlfahrt. Auf die volkswirtschaftliche Bedeutung elektrischer Vollbahnen soll in diesem Werke nicht weiter eingegangen werden, vielmehr ist dies in der Broschüre des Verfassers: »Elektrische Fernschnellbahnen der Zukunft«, Verlag von Oskar Leiner in Leipzig, zu behandeln begonnen worden und bleibt jenem Werke weiter vorbehalten.

Hier interessieren uns mehr die technischen Fragen, die der allgemeinen Wirtschaftspolitik gelöst vorangehen müssen. Daher soll zunächst eine Aufstellung gemacht werden, welche es ermöglicht, mit wenig Rechnungen von vornherein zu bestimmen, ob eine Bahn billiger zu betreiben ist mit

a) Dampflokomotiven oder mit
b) Elektromotoren.

Unter b) ist vorausgesetzt, dass die Elektromotoren in beliebiger Anzahl, gemäss den Steigungsverhältnissen der Bahntrace, an den Achsen der Wagen arbeiten, d. h. nicht an einer besonderen, elektrisch betriebenen Lokomotive. Einer der grössten Vorteile des elektrischen Betriebes ist der, die Nutzlast zur Adhäsionswirkung völlig ausnutzen zu können.

Bei kleinen Dampfbahnen wird durch das Gewicht der Lokomotive der ohnehin kleine Zug von etwa drei bis vier Wagen vergrössert. Dieses zur Adhäsion nötige Mehrgewicht wächst mit der Steigung und hat bei ca. 25 ‰ = 1 : 40 Steigung seine rationelle Grösse erreicht. Wie nachstehende Rechnungen zeigen, fängt der Betrieb bei grösseren Steigungen als 1 : 40 an, elektrisch bedeutend billiger zu werden. Da eine Bahn nicht durchweg in genannter Steigung führt, sondern nur ein Prozentsatz davon steigt bezw. fällt, so sind die gefundenen Werte als Einheitswerte, die für jede Bahn besonders zusammengestellt werden müssen, zu betrachten. Zu Gunsten des Dampfbetriebes ist angenommen, dass sowohl für die Ebene, wie für jede Steigung immer nur das dazu gehörige Adhäsionsgewicht berechnet ist. In Wirklichkeit muss in der Ebene das grösste gebrauchte Gewicht mitbewegt werden. Die Arbeitsleistung am Dampf- sowie Elektromotor ist in gewissen Grenzen unabhängig vom Gewicht, daher braucht bei zeitweiliger Mehrleistung auf Steigung für den Motor an der Nutzlastachse kein grösseres Gewicht mitgenommen zu werden.

Es erscheint am zweckmässigsten, für den Vergleich eine Gewichts- und Entfernungseinheit einzuführen und diese in beiden Fällen mit gleicher Geschwindigkeit, z. B. von 15 *km*-Std., fortzubewegen. Diese geringe Geschwindigkeit ist als unterste Grenze gewählt worden, wobei bemerkt werden muss, dass bei doppelt so grosser Geschwindigkeit der Kohlenverbrauch in beiden Fällen auch ungefähr der doppelte wird u. s. w. Das hier folgende Schema gilt nur als Beispiel. Von Fall zu Fall müssten die betreffenden Werte angepasst werden.

Eine Tonne Brutto-Zuggewicht sei mit 15 *km*-Std. Geschwindigkeit fortzubewegen. Es ergeben sich alsdann z. B. folgende Leistungen:

Bei Steigung	1:∞	10 ‰	20 ‰	30 ‰	40 ‰	50 ‰	75 ‰	100 ‰
								PS
Bei elektrischem Betrieb am Radumfang:								
$1 \cdot (15+x) \cdot \frac{15}{3,6} \cdot \frac{1}{75}$	0,835	1,39	1,95	2,5	3,06	3,62	4,45	6,4
an der Motorwelle:								
$1 \cdot (15+x) \cdot \frac{15}{3,6} \cdot \frac{1}{75} \cdot \frac{1}{0,8}$ . . .	1,04	1,73	2,42	3,12	3,82	4,5	6,25	8,0
an der Primär-Dampfmaschine:								
$1 \cdot (15+x) \cdot \frac{15}{3,6} \cdot \frac{1}{75} \cdot \frac{1}{0,8} \cdot \frac{900}{600} \cdot 1,1$	1,715	2,86	4,0	5,14	6,28	7,42	10,3	13,15
Bei Dampfbetrieb am Dampfkolben:								
$\frac{3,7 \cdot 15\,(15+x)}{0,8 \cdot (1000-8\,w)}$ . . . . . . (w = Bahnwiderstand = 15 + x)	1,18	2,17	3,38	4,74	7,09	9,4	22,3	34,7

Um dieses Einheitsgewicht (1 *t*) während einer Stunde 15 *km* zu bewegen, d. h. um 15 *t-km* zu leisten, werden die in nachstehender Tabelle I angeführten Kohlenmengen verbrannt. Hierbei ist angenommen, dass sowohl in der Lokomotive als auch im stationären Kessel beste Steinkohle von 7300 Kalorien verwandt wird, dass die Verdampfungsverhältnisse in beiden Fällen möglichst vollkommene sind und dass zu einer Pferdekraftstunde an der Lokomotive 2 *kg*, an der Primär-Dampfmaschine 1,5 *kg* Kohle erforderlich sind.

(Leisner giebt den Kohlenverbrauch einer Zwillings-Dampflokomotive mit 1,8 *kg* für die Nutzpferdestärke bei sechsfacher Verdampfung an. Mit stationären Maschinen erreicht man natürlich ebenfalls günstigeren Kohlenverbrauch als hier angenommen wurde.)

Man ersieht das nicht unerwartete Resultat, dass der Kohlenverbrauch bis zu ca. 8 ‰ Steigung an der Lokomotive entschieden kleiner ist, als bei elektrischem Betriebe, über diese Steigung hinaus jedoch bei elektrischem Betriebe geringer wird. Der Kohlenverbrauch, als der Hauptfaktor der reinen Zugkosten charakterisiert die vollständigen Betriebskosten und giebt, wenn auch keine absoluten Werte, so doch genügend sichere Vergleichswerte.

Um eine Tonne Brutto-Zuggewicht fortzubewegen, ist für den entsprechenden Motor für beide Fälle ein Einheitswert einzusetzen, der sich aus den Kosten mittlerer Anlagen ergiebt.

Der Durchschnittspreis einer Lokomotive ist für 1 Kilogramm Eigengewicht 1 ℳ, und da für 1 *t* Zuggewicht (Wagen und Ladung)

in der Horizontalen 136 *kg* Lokomotivgewicht zur Adhäsionswirkung notwendig sind, kostet die Lokomotive hierfür 136 *M* u. s. w.

Diesen Kosten sind bei elektrischem Betriebe gegenüberzustellen die Kosten des Wagenmotors, der elektrischen Wageneinrichtung und die Kosten der Primärstation, selbstverständlich mit der Reduzierung auf die Einheit = 1 *t*.

Diese Werte, in nachstehende Tabelle II eingetragen, zeigen, dass die Anlagekosten bei Dampfbetrieb stets billiger sind, so lange die Dampflokomotive überhaupt noch nutzbare Arbeit leisten kann, d. h. bis zu einer Grenze, die in der Praxis mittels Adhäsionslokomotiven erreicht werden kann.

Um nun zu entscheiden, welche Art des Betriebes bei der angenommenen Einheit sich billiger stellt, müssen die Tabellen I und II vereinigt werden, indem man einen mittleren Preis der Kohle von 1,5 ₰/Kilogramm annimmt und entweder die Betriebskosten kapitalisiert und zum Anlagekapital hinzuzählt, oder das Anlagekapital verzinst und zu den Betriebskosten hinzuzählt. Es zeigt dies jedoch noch kein praktisches Bild, weil die motorischen Betriebsmittel bei 15 *km* Fahrt = 1 Stunde nicht ausgenutzt werden. Nimmt man aber an, dass täglich 10 Stunden lang gefahren wird, d. h. die Einheit während 10 Stunden in Bewegung ist, so ergiebt dies im Jahre

$$365 \times 10 \text{ Betriebsstunden} = 3650 \times 15 \ t\text{-}km = 54750 \ t\text{-}km.$$

Unter diesen Voraussetzungen sind in folgender Tabelle III die Werte aus Tabelle II und I zusammengestellt. Die Amortisationsquoten sind bei Dampf mit 7 % und bei elektrischem Betrieb mit 8 % eingesetzt.

Man sieht an diesen Kurven, dass der Betrieb mittels Dampflokomotiven bis zu einer Steigung von 1 : 20 = 50 ‰ billiger ist als elektrischer Betrieb, von da ab wird der elektrische Betrieb billiger.

Es erübrigt nun noch, die Betriebskosten für eine höhere Ausnutzung, also z. B. 15 Stunden pro Tag darzustellen. Dies soll in Tabelle IV geschehen.

Der Unterschied von III ist nur der, dass der Dampfbetrieb schon bei 45 ‰ = 1 : 22 Steigung die Kosten des elektrischen Betriebes erreicht. Man sieht aber, dass die Tagesbetriebsdauer kein allzugrosser Faktor wird.

In Gegenden, wo die Kohle teurer als 1,5 ₰ für das Kilogramm ist, fällt der Vergleich der Betriebskosten zu Gunsten des elektrischen Betriebes aus. Der Tabelle V ist ein Preis von 2 ₰ pro Kilogramm zu Grunde gelegt worden.

Was nun die weiteren Anlagekosten von Bahnen mit beiderlei Betrieben anbetrifft, so ist noch über den Bau des Schienenweges und über die Adhäsionsverhältnisse einiges zu bemerken.

Die Schiene selbst ist bei Dampfbetrieb für die am stärksten belastete Lokomotivachse zu berechnen, bei elektrischem Betriebe nur für die am stärksten belastete Wagenachse.

In der Ebene und bei schwacher Steigung ist es nicht erforderlich, jede Achse anzutreiben, sondern man wird damit auskommen, wenn man nur die von vornherein leichter belasteten Achsen mit Elektromotoren versieht, sodass bei elektrischem Betriebe die beladenen Güterwagenachsen für die Berechnung des Schienenprofils massgebend sein können. Zieht man zudem noch in Betracht, dass durch die Bewegungen der Dampflokomotiven die Schienen bedeutend ungünstiger beansprucht und berechnet werden müssen, als beim gleichmässig rotierenden Elektromotor, so ist selbst in der Ebene anzunehmen, dass die Minderkosten des Oberbaues eine primitive elektrische Stromleitung decken werden. Dies genau festzustellen, kann immer nur von Fall zu Fall geschehen, da die Schienenquerschnitte nicht allein für die Achsenbelastung berechnet werden. Wenn es möglich ist, unter Anwendung hoher Steigungen den Schienenweg bedeutend zu verkürzen, dann dürfte die Ersparnis der Baukosten wesentlich für den elektrischen Betrieb sprechen, denn der grössere Wert der Betriebsmittel wird ausgeglichen durch obige Ersparnis.

Was schliesslich die weiteren Betriebskosten anbelangt, so ist zu bemerken, dass die Reparaturen bei elektrischem Betriebe billiger und einfacher sind, als bei Dampflokomotivbetrieb.

Ausser diesen Vorteilen, durch welche die Betriebssicherheit und die Leistungsfähigkeit der Eisenbahnen bedeutend erhöht wird, und demgemäss eine Erhöhung der Rentabilität verbürgt, bringt die Verwendung der Elektrizität zu den genannten Zwecken aber noch andere Ersparnisse mit. Diese bestehen:

in dem Wegfall der Wasserstationen mit ihren Pumpanlagen;

in dem Wegfall der Feuer- und Reinigungsgruben;

in dem Wegfall der feuersicheren Bedachung der Häuser und des sogenannten Schutzstreifens längs der Bahnlinie;

in dem Wegfall der Sicherungsvorkehrungen gegen Waldbrände;

in Ersparnissen an Gehalt und Arbeitslöhnen durch Einführung der automatischen Signal- und Weichenstellung u. s. w.

Der Wegfall des lästigen Rauches, Russes und Dampfes, sowie des Geräusches, welches das Ansammeln und Ausstossen des Dampfes bei der Lokomotive verursacht, kann noch nebenher als Annehmlichkeit des elektrischen Betriebes erwähnt werden.

Tabelle I. Kohlenverbrauch für 15 *t-km*

Bei der Steigung	1 : ∞	10 ‰	20 ‰	30 ‰	40 ‰	50 ‰	75 ‰	100 ‰
Bei elektrischem Betrieb	2,57	4,28	6,0	7,7	9,4	11,1	15,4	19,7 *kg* Kohle
» Dampflokomotiv- »	2,36	4,35	6,77	9,5	14,2	18,8	44,6	69,5 » »

Tabelle II. Anlagekosten für die motorische Einrichtung zur Fortbewegung einer Tonne

Auf der Steigung	1 : ∞	10 ‰	20 ‰	30 ‰	40 ‰	50 ‰	75 ‰	100 ‰
Bei Dampflokomotive:								ℳ
$P = \frac{f \cdot W \cdot R}{1000 - f w}$ . . .	136	250	390	562	785	1080	1895	11 500
Bei elektrischem Betrieb:								
für Wageneinrichtung .	390	650	907	1170	1430	1690	2340	3 000
für Primärstation . .	733	1220	1710	2200	2680	3170	4440	5 660
Summa	1123	1870	261 7	3370	4110	4860	6780	8 660

Tabelle III.
Gesamtbetriebskosten 1,5 ₰/*kg* Kohle, 10 Stunden-Tag Fahrzeit

Auf der Steigung	1 : ∞	10 ‰	20 ‰	30 ‰	40 ‰	50 ‰	75 ‰	100 ‰
Bei Dampfbetrieb:								ℳ
Zinsen: 0,05 (II) . . .	6,8	11,9	19,5	28,1	39,2	51,5	94,8	575,0
Amortisation: 0,07 (II) .	9,5	17,5	27,3	39,4	55,0	75,6	132,5	805,0
Kohlenverbrauch:								
3650 · 0,015 (I) . . .	129,0	238,0	370,0	520,0	775,0	1028.0	2440,0	3800,0
Summa	145,3	267,4	416,8	587,5	869,2	1255,1	2667,3	5180,0
Bei elektrischem Betrieb:								
Zinsen: 0,05 (II) . . .	56,8	93,5	131,7	168,5	205,0	243,0	339,0	433,0
Amortisation: 0,08 (II) .	90,0	149,6	209,0	270,0	329,0	389,0	543,0	694,0
Kohlenverbrauch:								
3650 · 0,015 (I) . . .	140,5	234,0	328,0	420,0	514,0	614,0	850,0	1078,0
Summa	287,3	477,1	668,7	858,5	1048,0	1246,0	1732,0	2205,0

Tabelle IV.

Gesamtbetriebskosten 1,5 ₰/*kg* Kohle, 15 Stunden-Tag

Auf der Steigung	1 : ∞	10 ‰	20 ‰	30 ‰	40 ‰	50 ‰	75 ‰	100 ‰
Bei Dampfbetrieb:								ℳ
Zinsen: 0,05 (II) . . .	6,8	11,9	19,5	28,1	39,2	51,5	94,8	575,0
Amortisation: 0,07 (II) .	9,5	17,5	27,3	39,4	55,0	75,6	132,5	805,0
Kohlenverbrauch:								
5475 · 0,015 (I) . . .	193,5	357,0	555,0	780,0	1150,0	1542,0	3660,0	5700,0
Summa	209,8	386,4	601,8	847,5	1242,2	1669,1	3887,3	7080,0
Bei elektrischem Betrieb:								
Zinsen: 0,05 (II) . . .	56,8	93,5	131,7	168,5	205,0	243,0	339,0	433,0
Amortisation: 0,08 (II) .	90,0	149,6	209,0	270,0	329,0	389,0	543,0	694,0
Kohlenverbrauch:								
5475 · 0,015 (I) . . .	211,0	351,0	492,5	632,0	770,0	925,0	1264,0	1618,0
Summa	357,8	594,1	833,2	1070,5	1304,0	1557,0	2146,0	2745,0

Tabelle V. Gesamtbetriebskosten 2 ₰/*kg* Kohle, 15 Stunden-Tag

Auf der Steigung	1 : ∞	10 ‰	20 ‰	30 ‰	40 ‰	50 ‰	75 ‰	100 ‰
Bei Dampfbetrieb:								ℳ
Zinsen: 0,05 (II) . . .	6,8	11,9	19,5	28,1	39,2	51,5	94,8	575,0
Amortisation: 0,07 (II) .	9,5	17,5	27,3	39,4	55,0	75,6	132,5	805,0
Kohlenverbrauch:								
5475 · 0,02 (I)	256,2	477,0	742,0	1040,0	1557,0	2060,0	4880,0	7620,0
Summa	272,5	506,4	788,8	1107,5	1651,2	2187,1	5107,3	9000,0
Bei elektrischem Betrieb:								
Zinsen: 0,05 (II) . . .	56,8	93,5	131,7	168,5	205,0	243,0	339,0	433,0
Amortisation: 0,08 (II) .	90,0	149,6	209,0	270,0	329,0	389,0	543,0	694,0
Kohlenverbrauch:								
5475 · 0,02 (I)	281,0	470,0	657,5	845,0	1030,0	1218,0	1690,0	2160,0
Summa	427,8	713,1	998,2	1283,5	1564,0	1850,0	2572,0	3287,0

Die erste elektrisch betriebene Vollbahn auf einer amerikanischen Zweiglinie vom Jahre 1895 gab dem Präsidenten des American Institute of El. Engineers, Dr. Duncan, bei seiner Antrittsrede den folgenden Gedankengang ein:

»Wenn man untersuchen will, in welchen Fällen und unter welchen Bedingungen die Elektrizität als Triebkraft für Vollbahnen Verwendung zu finden bestimmt ist, so muss man einige wirtschaft-

lich interessante Erscheinungen des modernen Eisenbahnbetriebes sich vergegenwärtigen. Die Statistiken der letzten zwei Jahrzehnte zeigen in der Entwickelung des Personen- und des Güterverkehrs entgegengesetzte Tendenz. Während beim Gütertransport aus ökonomischen Rücksichten das Bestreben dahin geht, die zu befördernden Lasten zu konzentrieren, lange Züge und schwere Lokomotiven anzuwenden, sahen sich die Bahnverwaltungen bei der Personenbeförderung genötigt, um den Anforderungen des reisenden Publikums zu genügen, die Zahl der Züge unter entsprechender Verminderung ihres Fassungsraumes zu vergrössern. Daraus folgt, dass die Rücksichten auf Betriebserfordernisse und beste Ökonomie beim Gütertransport Hand in Hand gehen, beim Personentransport nicht.

Auf einer der bedeutendsten amerikanischen Bahnen betrugen die Transportkosten für die Kilometertonne:

im Jahre 1870	3,00 ₰
» » 1890	1,46 »

auf einer anderen:

im Jahre 1864	4,96 ₰
» » 1893	1,16 »

Dagegen betrugen die Kosten und Einnahmen für das Person-Kilometer auf der ersteren Bahn:

	Kosten	Einnahmen	Überschuss
im Jahre 1870:	1,54 ₰	5,45 ₰	+ 3,91 ₰
» » 1890:	3,90 »	4,90 »	+ 1,00 »

Diese Zahlen sind ein klarer Beweis dafür, dass für den Gütertransport das jetzige System des Lokomotivbetriebes das wirtschaftlich richtige ist, nicht aber für den Personenverkehr.«

Von Jahr zu Jahr steigt das Bedürfnis für eine schnellere Fortbewegung von Ort zu Ort. Eine schnellere Personenbeförderung auf unseren Hauptbahnen kann aus Sicherheitsgründen kaum mehr stattfinden. Unser Eisenbahn-Oberbau ist zu schwach, um noch schwerere Schnellzug-Lokomotiven mit noch grösserer Geschwindigkeit zu tragen.

Hier zeigt jedoch der Elektromotor seine volle Brauchbarkeit. Seine zu rühmenden Eigenschaften für den Eisenbahnbetrieb sind Kleinheit, Teilbarkeit, Einfachheit, seine nur rotierenden Massen und sein hoher Nutzeffekt. Die Bedienung der Elektromotoren ist die denkbar einfachste, gleichviel ob ein Wagen allein, oder mehrere gekuppelt fahren.

Man denke sich also in Zukunft für den Personenverkehr nicht mehr lange Züge, sondern man stelle sich vor, dass ein, zwei, auch drei Wagen, je nachdem das augenblickliche Verkehrsbedürfnis

zwischen zwei Orten ist, die einfachste Lösung der neuen Verhältnisse darstellen.

Die dem Elektromotor eigentümliche rotierende Bewegung steht in grellem Gegensatze zu den schädlichen Bewegungen eines hin- und hergehenden Lokomotiv-Dampfkolbens. Das Schlingern und Stampfen der Dampflokomotiven begünstigt Entgleisungen und Oberbauvernichtungen. Die charakteristische Eigenschaft des Elektromotors, die einer schnellen Rotation, weist direkt auf seine Anwendung im Eisenbahn-Schnellbetriebe hin.

Die zweite, schon vorher erwähnte, vornehmlich der Eisenbahn zu gute kommende Eigenschaft des Elektromotors ist, dass derselbe durch seine Teilbarkeit in kleine Motoren das heute bis zur Grenze gesteigerte Adhäsionsgewicht einer Lokomotive überflüssig macht, und dass das Eigengewicht der Motoren an einer tief gelegenen Stelle des Wagens die Stabilität des Wagens bedeutend erhöht. Es leuchtet ein, dass für die geringeren und gut verteilten Massen und die stoss- und schwankungsfreie Bewegung eines elektrisch betriebenen Wagens ein schwächerer Oberbau genügt oder, was dasselbe sagen will, dass wir unseren heutigen Oberbau für grössere Geschwindigkeiten ohne Gefahrserhöhung ausnützen können.

Es erübrigt, noch einiges über Betriebseinfachheit des elektrischen Bahnbetriebes zu sagen. Ein jeder Wagen steht ohne weitere Vorbereitung betriebsfähig da. Ein Griff am Einschalterhebel genügt, um die Fahrt beginnen zu lassen. Die ganze Arbeit des Wagenführers während der Fahrt besteht darin, einen kleinen Schalthebel beim Anfahren, Langsam- und Schnellfahren oder beim Anhalten zu bewegen. Für das Bremsen tritt bei Verwendung der Luftbremsen vielleicht noch ein zweiter Hebel in Wirksamkeit, kann jedoch durch elektrisch betriebene Bremsen mit der Rückschaltbewegung identisch gemacht werden.

Mit der an sich nahe liegenden Geschwindigkeitserhöhung bei elektrischem Betriebe muss eine neue Signalgebung gleichen Schritt halten. Hier ist es wieder die Elektrizität, welche die schon seit längerer Zeit bestehenden Bestrebungen, die Signalisierung der Züge in grossem Umfange automatisch zu gestalten, zum Ziele führt. Diese Bestrebungen zielen dahin ab, Einrichtungen zu schaffen, mittels deren die fahrenden Züge sich selbst auf genau bestimmte Entfernungen nach den betreffenden Signalstellen (Stationen, Wärterposten u. s. w.) signalisieren, ohne dass Menschenhände dabei etwas zu thun haben.

Die Entfernung, auf welche die Signalisierung der Züge zu erfolgen hat, ist in der Regel zu gross, um solche durch rein mechanische Vorrichtungen bewerkstelligen zu können, trotzdem werden

heute noch die wichtigsten Signale (Fahr- und Haltesignale) von Menschenhänden gestellt und die Elektrizität wird nur dazu benutzt, auf gewisse Entfernungen die Wärter zu benachrichtigen. Eine automatische Stellung der Fahr- und Haltesignale durch die fahrenden Züge ist in grossem Umfange zur Sicherung gegen Zusammenstösse als dringend notwendig zu bezeichnen. Die Anlagekosten können nicht ins Gewicht fallen, weil diese durch die erhöhte Betriebssicherheit, die Verminderung der Zusammenstösse und die Erhöhung der Leistungsfähigkeit reichlich aufgewogen werden.

Noch wäre zu erwägen, ob der Betrieb elektrischer Grossbahnen mittels Lokomotiven oder mittels Motorwagen erfolgen soll.

Wo Züge schwer und lang sind und die Belastung der Triebräder keine Rolle spielt, können besondere Lokomotiven von Vorteil sein, weil es im allgemeinen nicht wünschenswert ist, die maschinellen Einrichtungen zu vervielfältigen und man Wert darauf legen muss, dass solche Einrichtungen stets unter den Augen des Führers und leicht zugänglich sind. In Tunneln ist für die Motoren in besonderen Lokomotiven mehr Raum vorhanden als im Wagen. In Fällen jedoch, wo es von Wichtigkeit ist, das auf den Triebrädern ruhende Gewicht einzuschränken, ist durch die Anwendung von Motorwagen die Möglichkeit geboten, beliebig lange Züge zu fahren, ohne dass das Bauwerk selbst ungebührlich belastet wird. Auf den New-Yorker Hochbahnen können beispielsweise schwere Lokomotiven nicht gefahren werden, und wenngleich der Verkehr dort so stark ist, dass die Bahn in Bezug auf die Dichtigkeit der Zugfolge und die Belastung der Wagen an der Grenze der Leistungsfähigkeit angelangt ist, geschweige denn, dass von einer bequemen Abfertigung des Verkehrs die Rede sein könnte, so können doch die Züge nicht länger gemacht werden, als sie jetzt sind, solange nicht das Bauwerk selbst verstärkt wird oder Motorwagen eingeführt werden. Im übrigen ermöglicht die Anwendung von Motorwagen, das Gewicht der Züge bei einer gegebenen Energie herabzumindern, also auch eine höhere Geschwindigkeit zu erreichen. Bei der Liverpooler Hochbahn wird beispielsweise das Gewicht der beiden Wagen, welche 114 Personen fassen, durch die Motoren um 6,7 *t* vergrössert, während im Falle der City- und Süd-London-Tiefbahn, wo in zwei Wagen 96 Personen befördert werden, das Gewicht der Lokomotive 10,7 *t* beträgt. Der Fortfall der Verschubbewegungen an den Bahnenden ist ein weiterer Vorzug der Motorwagen. Jede besondere Bewegung selbst einer leichten Lokomotive beansprucht verhältnismässig viel Strom, steigert also noch die Unregelmässigkeit des Bedarfs und somit der Leistungen, welchen die Dampfmaschinen und Dynamos unterworfen sind. Bei Verwendung von Motorwagen wird an den Endstationen Zeit gespart und der Bedarf an Nebengleisen wird herabgemindert.

Die Anwendung des Motors bei elektrischen Schnellbahnen, bietet gegenüber den bisher behandelten Bahnen einen charakteristi-

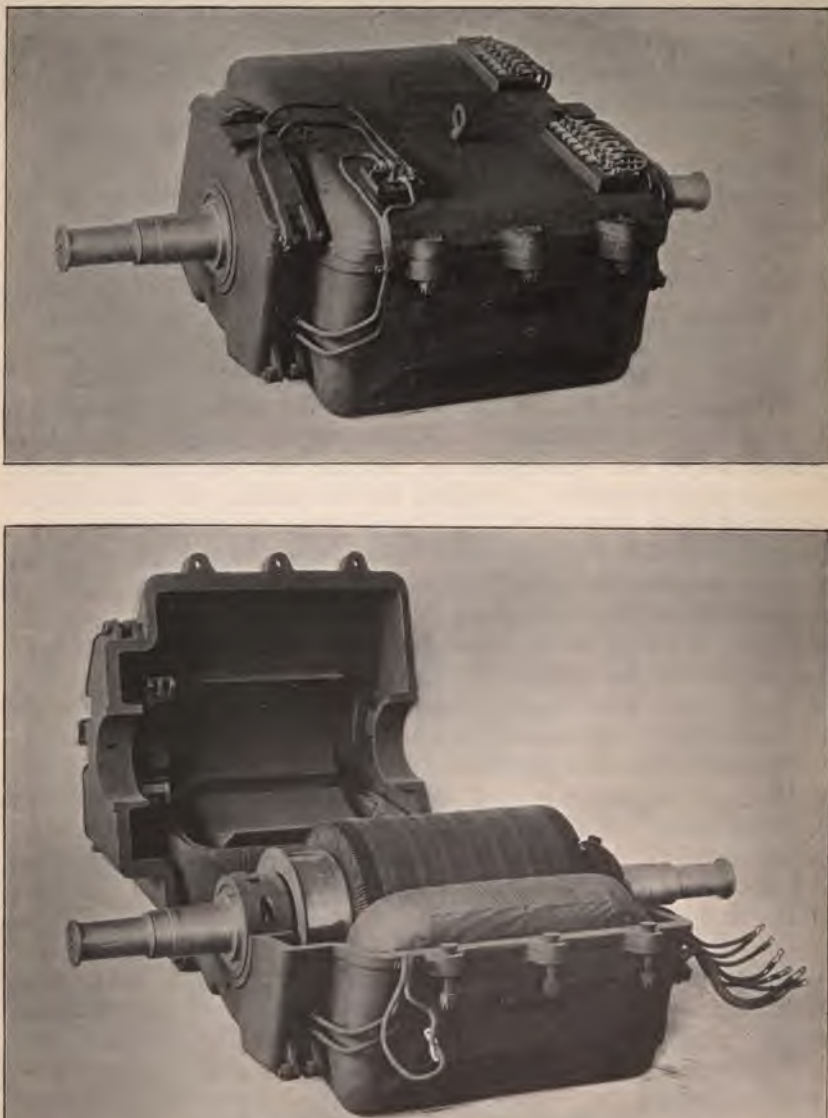


Fig. 125.

schen Unterschied. Da nämlich die Umdrehungszahl des Elektromotors gleich der der Triebachse ist, so kann man den Motor ohne Vorgelege arbeiten lassen und ihn direkt mit der Triebachse verbinden, d. h. Ankerachse und Laufachse werden identisch. Ein solcher, von der Elektrizitäts-Aktien-Gesellschaft, vorm. Schuckert & Co. in Nürnberg, für die belgische Staatsbahn gelieferter Vollbahnmotor für 85 Kilowatt Leistung bei 231 Minuten-Umdrehungen und 500 *kg* Zugkraft am Hebelarme 1 *m* ist in Fig. 125 dargestellt. Das magnetische Feld dieses Nebenschlussmotors wird beim Anfahren durch Hauptstromspulen verstärkt, arbeitet also für den Anzug mit Verbundwickelung.

An der Hand projektierter und ausgeführter elektrisch betriebener Grosseisenbahnen Amerikas und Europas möge nun das Beurteilungsmaterial hier folgen.

2. Amerikanische Vollbahnen.

Wie bereits erwähnt, war die erste für elektrischen Betrieb umgewandelte Dampflokomotivbahn die am 6. Juli 1895 eröffnete

Nantasket-Bahn,

eine Zweiglinie der New-York-, New-Haven- und Hartford-Eisenbahn, die teils mit oberirdischer Stromzuführung, teils mit seitlicher Niveauleitung betrieben wird. Die Kraftstation befindet sich in der Mitte der normalspurigen, anfangs 11,3, später 17,1 *km* langen zweigleisigen Strecke.

Die Betriebsspannung der Bahn ist 600—700 Volt. Der Fahrdraht besitzt achtförmigen Querschnitt und hängt an Doppel-Auslegern. Die Holzmaste stehen zwischen den Gleisen in 18—27 *m* Entfernung.

In ihrer Betriebsart bietet die Nantasket-Linie dadurch besondere Schwierigkeiten, dass auf der 17,1 *km* langen Strecke 17 Haltestellen vorhanden sind. Die Strecke wird in 26 Minuten zurückgelegt und der Aufenthalt auf den Endpunkten beträgt einschliesslich des Umsetzens nur vier Minuten; das sind Leistungen, die sich schwerlich mit Dampflokomotiven erreichen lassen, schon deshalb, weil die normale Fahrgeschwindigkeit nicht in der kurzen, zur Verfügung stehenden Zeit erzielt werden könnte. Beträgt doch auf dem einen Teile der Nantasket-Linie von 549 *m* Länge bei einem Zuge von 60 *t* Gewicht die höchste Geschwindigkeit 49,9 *km*-Std.; auf einem 1770 *m* langen Abschnitt 62,75 *km*-Std. Die durchschnittliche Geschwindigkeit im regelmässigen Betriebe wird einschliesslich der Aufenthalte zu 39,6 *km* angegeben, indes soll auch schon versuchsweise mit 100 *km*-Std. und mehr gefahren worden sein.

Die grösste Steigung ist 5,7 ‰. Die schärfste Kurve hat einen Krümmungsradius von 80 *m*. Die Wagen laufen auf je 2 zweiachsigen Drehgestellen. Die Höhe dieser Drehgestelle ist etwas über normal, um für die Elektromotoren genügend Raum zu gewinnen. Die Wagen sind 15,3 *m* lang und 2,4 *m* breit. Es sind im ganzen zehn Motorwagen eingestellt; sechs davon offen für den Personentransport mit je 96 Sitzplätzen, die übrigen Gepäckwagen. Die Motorwagen haben je zwei Elektromotoren, welche die beiden Achsen eines Trucks antreiben. Zwei von den Gepäckwagen sind mit je vier Motoren ausgerüstet. Die Motoren besitzen je 1000 *kg* Zugkraft, ihre Umdrehungszahl beträgt 800, die der Wagenachse 260. Die Zugkraft des Wagens am Haken beträgt 1800 bezw. 3600 *kg*. Das Gewicht der Wagen ist bemerkenswert hoch: nämlich das der Motorwagen 27000 *kg*, das der Anhängewagen, von denen 24 vorhanden sind, 19500 *kg*. Sämtliche Personenwagen sind insofern nach dem Muster der Strassenbahnwagen gebaut, als sie sämtlich offen sind und Querbänke haben, die von beiden Seiten des Wagens mittels dreier übereinander liegender Trittbretter zugänglich sind. In jedem Wagen befindet sich ein automatischer Ausschalter, auf der Plattform der Perronschalter und ein kleiner Gleichstrommotor zum Betrieb der Luftpumpe der Westinghouse-Bremse und der Luftpfeife, die an Stelle der Dampfpfeife tritt. Der Kohlenverbrauch soll seit Einführung des elektrischen Betriebes von 30 *t* am Tage = 15,5 *kg* für das Zugkilometer auf weniger als die Hälfte heruntergegangen sein. Auch an Löhnen werden insofern erhebliche Ersparnisse gemacht, als der Lohn für den Führer eines Motorwagens 50 % niedriger ist als für einen Lokomotivführer und der Heizer ganz in Fortfall kommt.

Die Personentarife konnten infolge des Betriebes ermässigt werden, wodurch eine bedeutende Verkehrssteigerung eintrat.

Durch die unabsprechbaren Erfolge ermutigt, hat diese Bahngesellschaft bald weitere Linien elektrisch ausgebaut.

Eine andere Strecke geht von Berlin in Connecticut über New-Britian nach Hartford und besitzt eine Länge von 19,8 *km*, wovon 4,8 *km* zweigleisig sind. Die Kraftstation ist nach Berlin, also an einen Endpunkt, verlegt, weil man Erfahrungen über die Fortleitung des Stromes auf grössere Entfernungen sammeln wollte. Berlin ist Knotenpunkt für mehrere Bahnlinien, die ebenfalls elektrisch betrieben werden sollen.

Die rund 15 *km* weite Entfernung zwischen Hartford und New-Britian wird von einem Motorwagen mit zwei Anhängewagen in 18—20 Minuten zurückgelegt, was einer Durchschnittgeschwindigkeit von 45—50 *km*-Std. entspricht. Die höchste hier erreichte Schnelligkeit betrug 96,5 *km*-Std.

Die Stromleitung besteht aus einem Draht, welcher neben der Strecke, nur einen halben Meter vom Erdboden entfernt, geführt ist. Die Fahrschiene ist ebenfalls stromleitend. Während des Betriebes hat es sich gezeigt, dass für mit sehr vielen Haltestellen versehene Strecken der elektrische Betrieb ganz vorzüglich geeignet ist. Infolge des häufigen Anhaltens geht bei der Dampfeisenbahn viel Zeit dadurch verloren, dass der Zug eine gewisse Zeit braucht, bis er jedes Mal wieder seine volle Geschwindigkeit erlangt; bei elektrischem Betrieb aber wird diese Zeit ganz wesentlich verringert.

Die im Sommer 1897 eröffnete, elektrisch betriebene Vollbahn zwischen den Städten Baltimore und Washington ist 62 *km* lang. Der Name der erbauenden Gesellschaft ist »Colombia and Maryland Railway Company«.

Der Bau bot viele Schwierigkeiten, da mehrere Brücken und grosse Viadukte gebaut werden mussten, ein Durchstich von 100 *m* Länge und bis zu 15 *m* Tiefe durch ein Granitgebirge nötig wurde und in der Nähe von Ellicott City ein Fluss, dessen Bett 4,5 *m* über dem Bahngleis lag, verlegt und mit Dämmen versehen werden musste. Es wurden fünf Dampfbahnlinien gekreuzt und zwei davon mit Unterführungen versehen.

Die Linie geht von Baltimore über Cantonsville, überschreitet bei Ilschester den Patapsco-Fluss und berührt die Städte Laurel und Hyattsville. In Ilschester und Hyattsville sind Kraftstationen angelegt, deren jede acht Dynamos von je 700 Kilowatt Leistung enthalten. Die Westingshouse Electric Co. in Pittsburgh rüstete die Kraftstation aus und lieferte den gesamten elektrischen Teil der Bahn.

Vorläufig ist die Bahn doppelgleisig gebaut und erhält auf der freien Strecke Schienen von 42 *kg-m*, in den Städten solche von 47 *kg-m* Gewicht.

Die Wagen sind kräftig gebaut, ähnlich denen der Nantasket Beach-Bahn; sie enthalten jeder 48 Sitzplätze. Die Züge bestehen nur aus einem Motorwagen und zwei Anhängewagen. Die Fahrgeschwindigkeit beträgt zwischen 50 und 100 *km*-Std. und die Fahrzeit von Baltimore nach Washington eine Stunde. Die Stromzuführung erfolgt oberirdisch.

Eine der Zweiglinien, welche die Pennsylvania-Bahn mit elektrischem Betriebe eingerichtet hat, ist die Burlington- und Mt. Holly-Zweigbahn. Jedes der beiden vierrädrigen Drehgestelle der hier im Betrieb befindlichen Wagen ist mit einem 75 PS-Motor der Westinghouse Co. versehen. Die Strecke hat $11^1/_2$ *km* Länge, sie wurde früher mit Dampflokomotiven betrieben, seit dem 22. Juli 1895 ist aber der elektrische Betrieb eröffnet. Täglich laufen zehn Züge in jeder Richtung.

Die elektrisch betriebene Oakland-, San Leandro- und Haywards-Bahn in Kalifornien lässt in jedem Zuge einen Motorwagen mit zwei 50 PS-Motoren laufen. Die Personenzüge bestehen aus leichten, seitlich offenen Wagen, die Güterzüge aus leichten Plattformwagen, welche grösstenteils mit Frachtgütern beladene Wagen von Ort zu Ort befördern, die dann durch Pferde landeinwärts geschafft werden.

3. Meckenbeuren — Tettnang.[1])

Die erste elektrische Vollbahn Europas, zwischen Meckenbeuren und Tettnang in Württemberg, befindet sich seit dem 3. Dezember 1895 im Betriebe und hat hinreichende Proben ihrer Leistungsfähigkeit abgelegt. Die Bahn schliesst sich an die Linie Ulm—Friedrichshafen an und ist normalspurig gebaut. Fig. 126 zeigt die freie Strecke. Die Betriebskraft für die Bahn wie für ein mit ihr verbundenes Elektrizitätswerk der Stadt Tettnang wird von dem Flüsschen Schussen geliefert, in welches bei Brochenzell ein Stauwehr mit einem nutzbaren Gefälle von 2,65 *m* und ein anschliessender 700 *m* langer Kanal für eine sekundliche Wassermenge von 6 m^3 ausreichend eingebaut ist. Die Maschinenanlage besteht aus zwei Jonval-Turbinen von 45 und 75 PS Leistung mit wagerechten Schiebern; die grössere ist überdies mit Ringschützenregelung versehen. Mittels Kegelräder und Seilübertragung arbeiten die Turbinen auf zwei Trans-



Fig. 126.

[1]) Vergl. auch Zeitschr. d. Vereins deutscher Ingenieure 1897, Heft 36, S. 1020 ff., u. Heft 37, S. 1048 ff.; Heimpel u. ETZ 1896, Heft 53.

missionswellen, welche durch eine Klauenkuppelung vereinigt werden können. Im Maschinenhaus ist eine vierpolige Gleichstromdynamo von 43 Kilowatt bei 700 Volt Spannung für den Bahnbetrieb und eine Wechselstromdynamo von 40 Kilowatt bei 2100 Volt mit unmittelbar angekuppelter Erregermaschine für die Fernleitung nach Tettnang aufgestellt. Für die Licht- und Kraftverteilung in dieser Stadt wird die Spannung durch Transformatoren auf 110 Volt vermindert; die Hochspannungsleitung ist innerhalb der Stadt unterirdisch verlegt, die Verbrauchsleitungen sind auf Stangen und Trägern über die Dächer gezogen. Gewöhnlich bleiben die oben erwähnten Transmissionswellen getrennt; es arbeitet dann die 75 PS-Turbine für den Bahnbetrieb, die kleinere für die Licht- und Kraftverteilung. Bei ungünstigem Wasserstand kann eine in Tettnang aufgestellte Dampfmaschinenreserve benutzt werden. Diese leistet 120 PS und treibt eine Wechsel- und eine Gleichstromdynamo. Die Gleichstrom- und ebenso die Wechselstrommaschinen beider Anlagen können parallel geschaltet werden. Der in Brochenzell erzeugte Strom wird mittels oberirdischer Leitung unter Benutzung eines einzigen Gestänges nach Meckenbeuren geleitet und von hier, dem Bahnkörper folgend, nach Tettnang, wo die Leitungen am Schaltbrett der dortigen Centrale endigen. Auf der rechten Seite des Bahnkörpers sind die Masten für die Wechselstromleitungen und die Gleichstrom-Speiseleitung, auf der anderen diejenigen für die Fernsprecher und die Messleitungen für den Lichtbetrieb angebracht. Die Stangen sind mit Drahtseilen verbunden, welche auf einer Höhe von 5,5 *m* über den Schienen die Fahrdrahtleitung tragen. In den Bahnhöfen ist die letztere an besonderen eisernen Auslegern befestigt. In Meckenbeuren und in der Centrale Tettnang ist der eine Pol der Gleichstrommaschine an die Schienen angeschlossen, welche den Strom leiten, den anderen Pol bildet die Speiseleitung, welche mit der Fahrleitung in Abständen von 200 *m* verbunden ist. Zur Sicherung einer guten Verbindung sind die Schienen an den Stössen noch durch besondere angenietete Kupferbügel verbunden. Der ohmische Widerstand der Schienenleitung beträgt 0,01 *Ω-km*. Die Speiseleitung ist so angeordnet, dass die Leitungen der Bahnhöfe und der Linie von jedem Bahnhof aus durch besondere Ausschalter unterbrochen werden können. Die gesamte Leitungslänge zwischen Brochenzell und Tettnang beträgt 6 *km*, die Bahnlänge 4,5 *km*; die grösste Steigung beträgt 1 : 50, der kleinste Kurvenradius 180 *m*. Das verwendete Schienenprofil wiegt 21,96 *kg-m*. Für das Verschieben der Güterzüge wurden 15 Weichen und ein Kreuzungsstück notwendig. Der Verkehr zwischen der Station Meckenbeuren der Linie Friedrichshafen—Ulm und der württembergischen Oberamtsstadt

Tettnang wird durch 26 fahrplanmässige Züge besorgt; nach Bedürfnis können auch Sonderzüge eingeschaltet werden. Die Beförderung der Züge vermitteln zwei Motorwagen, welche als Personenwagen mit Post- und Gepäckabteil ausgeführt sind. Der Strom hat, bevor er zu den Motoren gelangt, einen Notausschalter, eine Bleisicherung, eine Blitzschutzvorrichtung und endlich einen Regulator, welcher eine Änderung der Geschwindigkeit innerhalb weiter Grenzen gestattet, zu durchfliessen. Die Wagen sind elektrisch beleuchtet und elektrisch geheizt. Die Leistung ist vertragsmässig auf eine Zugkraft von 350 *kg* bei einer Geschwindigkeit von 30 *km*-Std. oder auf 1200 *kg* bei 8 *km* festgesetzt. Im Betriebe hat sich jedoch gezeigt, dass die Leistung der Motoren bedeutend höher ist, da selbst bei grösserer Geschwindigkeit Lastzüge von 55 *t* befördert werden. Es hat sich namentlich der Güterverkehr in den ersten Monaten des Betriebes so stark entwickelt, dass eine Akkumulatorenbatterie aufgestellt werden musste, welche die vorhandene Wasserkraft besser auszunutzen ermöglicht und die Kapazität der Anlage verdoppelt. Zugleich hatte man die durch das Anfahren des 48 *t* schweren Zuges auf der Steigung 1 : 50 auftretenden Stromstösse von 0—100 Ampere hierdurch ausgleichen wollen und schaltete diese als sogenannte Pufferbatterie den Betriebsmaschinen parallel. Der mit der Kraftstation verbundenen Lichtstation wurde dadurch ebenfalls eine Reserve geboten, indem zu Zeiten starken Lichtbedarfes die Batterie allein den Bahnbetrieb übernahm und die Turbinen zum Treiben der Lichtmaschinen voll ausgenutzt werden konnten. Diese Batterie musste sehr hoch beansprucht werden und war es daher erforderlich, dieselbe jeden Tag voll aufzuladen. Zu diesem Zwecke bedient man sich hier der Dreireihenschaltung (siehe Band I, 1898 S. 39). Vor Einbau dieser Batterie sank bei Unaufmerksamkeit des Maschinisten die Umdrehungszahl der Turbinen derartig, dass die Netzspannung bis 400 Volt sank und umgekehrt beim Anhalten des Zuges ungewöhnlich hoch stieg. Man versuchte zunächst, durch einen eigenartigen Widerstand die Stösse auszugleichen, indes mit schlechtem Erfolge gegenüber der nunmehrigen Akkumulatorenschaltung. Die Betriebsverhältnisse führten nun dahin, 330 Elemente für eine mittlere Entladespannung von 660 Volt und 40 Ampere-Std. Kapazität aufzustellen.

Die Verbindung der Batterie mit Speiseleitung und Maschine ist aus der Akkumulatorschalttafel (Fig. 127) und dem Schema (Fig. 128) ersichtlich. Sie ist so gestaltet, dass Batterie und Maschine jederzeit parallel arbeiten können. Bei Parallelschaltung beider Stromquellen wird die Gleichstrommaschine von der Batterie aus erregt. Ausser dem Reihenschalter, dem Abschalter für 25 Zellen und dem Neben-

schlussumschalter befinden sich auf der Akkumulatorenschalttafel noch Maximal- und Minimalausschalter, Sicherungen und Messapparate. Der Maximalausschalter erfüllt den gleichen Zweck wie der am Maschinenschaltbrett, nämlich bei Kurzschlüssen oder sonstigen

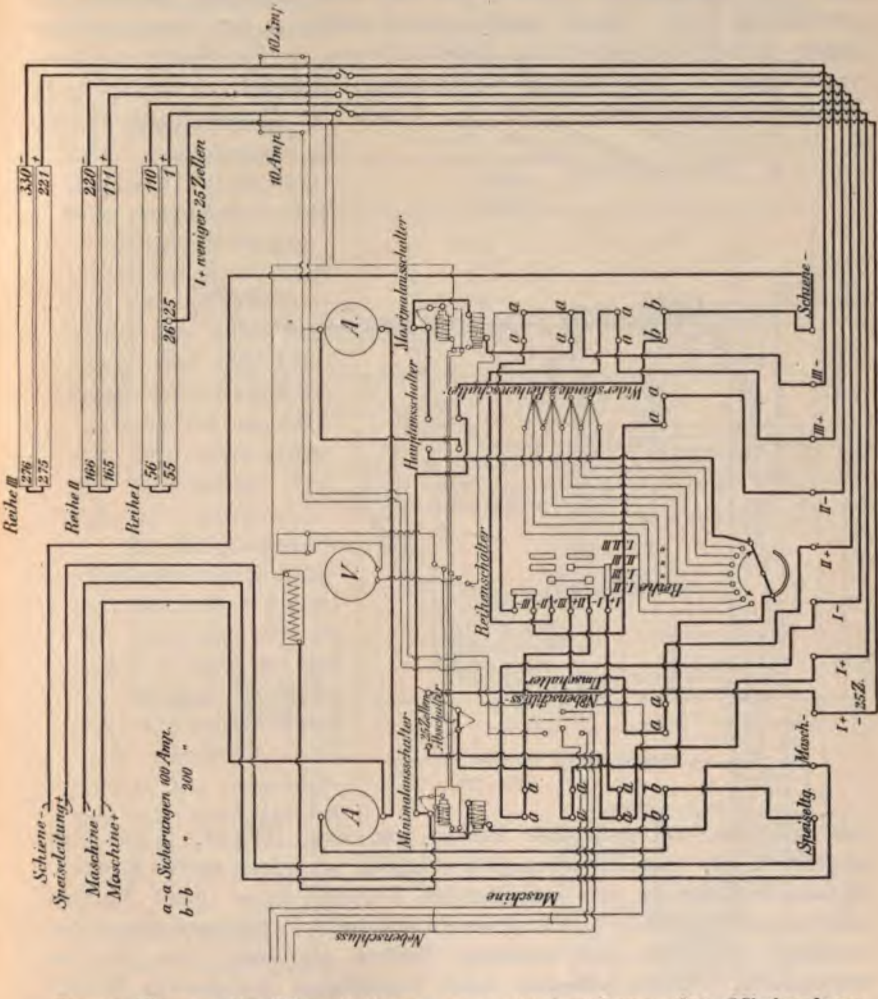


Fig. 127.

Stromstössen die Hauptleitung zu unterbrechen; der Minimalausschalter hat in Wirksamkeit zu treten, sobald die Akkumulatorenspannung bei der Ladung die der Maschine um ein gewisses Mass übersteigt, um zu verhindern, dass die Maschine Rückstrom von der Batterie her erhält.

Der Hauptbestandteil des Schaltbrettes ist der Reihenschalter, welcher ermöglicht, je zwei Reihen paarweise oder alle drei Reihen hintereinander zu schalten; er besteht aus einem senkrecht stehenden drehbaren Cylinder mit Kontaktstücken, über welche bei Drehung des Cylinders Bürsten gleiten, die mit den einzelnen Reihenpolen verbunden sind. Durch entsprechende Stellung der Kontaktstücke lassen sich die erforderlichen Kombinationen in der Schaltung hervorbringen; es sind dies die Schaltungen: Reihen 1, 2, Reihen 1, 3, Reihen 2, 3 und Reihen 1, 2, 3. Würde die Umschaltung zweier

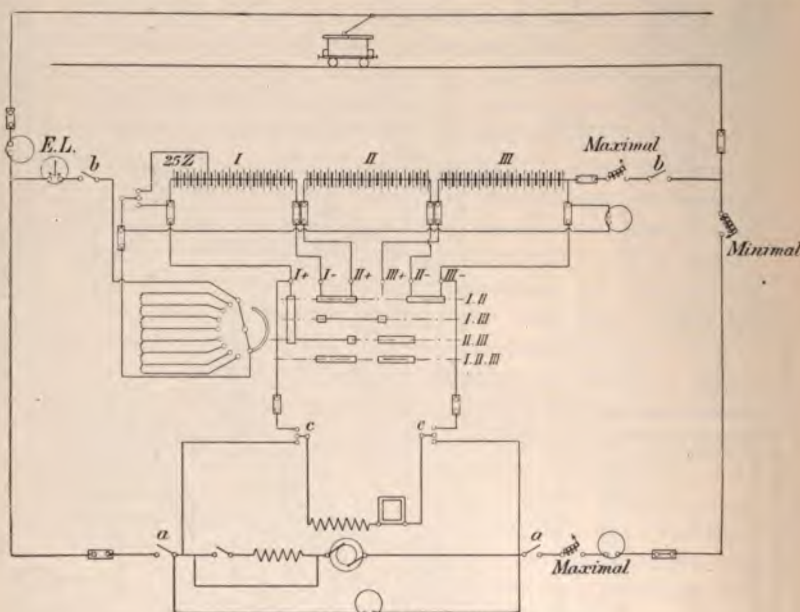


Fig. 128.

mit 600 Volt voll geladener Reihen auf zwei Reihen, deren eine ungeladen ist, ohne Zwischenglied erfolgen, so wären starke Funkenbildungen zwischen den betreffenden Kontaktstücken nicht zu vermeiden und es würde durch diese Funken ein plötzlicher Spannungsausgleich zwischen den einzelnen Reihen eintreten; um das zu verhindern, werden jedesmal beim Umschalten gleichzeitig Widerstände selbstthätig eingeschaltet, welche diesem Ausgleich entgegentreten.

Bei der Thalfahrt ist eine Stromabgabe nur zum Anfahren erforderlich; im übrigen läuft der Wagen von Tettnang bis Meckenbeuren infolge des vorhandenen Gefälles von selbst, und die Ge-

schwindigkeit wird durch Bremsen innerhalb der zulässigen höchsten Grenze von 30 *km* gehalten.

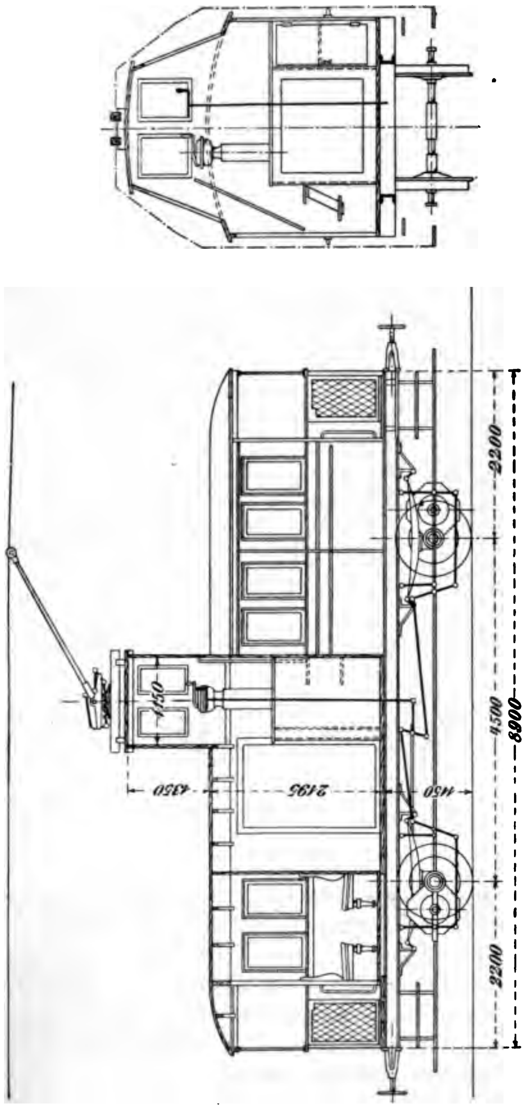


Fig. 129.

Der Fahrplan wurde dadurch festgelegt, dass es wünschenswert erschien, Anschluss an jeden in der Station Meckenbeuren haltenden Staatsbahnzug zu haben, von denen täglich zwölf in jeder Richtung verkehren. Die Verkehrserhebungen liessen bei dieser Zugzahl eine grösste Zugstärke von einem Personen- und zwei beladenen Güterwagen als ausreichend erscheinen, was einem grösstem Zuggewicht von etwa 48 *t* entspricht.

Die Steigungsverhältnisse mussten ziemlich ungünstig werden, da Tettnang 50 *m* höher gelegen ist als die Station Meckenbeuren. Die Linie steigt erst allmählich mit 1 : 500, um nach einigen Schwankungen bei 2,0 *km* in eine Steigung 1 : 50 überzugehen, die bis zur Station Tettnang, abgesehen von der Unterbrechung durch eine kurze Steigung 1 : 66, beibehalten wird. Der kleinste Krümmungshalbmesser von 180 *m* kommt nur einmal vor, fällt jedoch mit der Steigung 1 : 50 zusammen. Für diese ungünstigste Stelle der Bahn sind für einen vollbelasteten Zug er-

mässigte Anforderungen an die Geschwindigkeit gestellt und hierfür 10 *km* angenommen. Bei einer solchen Geschwindigkeit berechnet sich die erforderliche Arbeit für den vollbelasteten Zug zu 39 PS, während auf gerader, wagerechter Strecke bei 25 *km* Geschwindigkeit eine Arbeit von nur 12 PS nötig wird.

Um die, an der Wagenachse zu leistenden 39 PS zu erzeugen, wurden, um sicher zu gehen, in den Motoren 30%, den Leitungen 10%, der Dynamo 9%, der Transmission 7% Verluste angenommen.

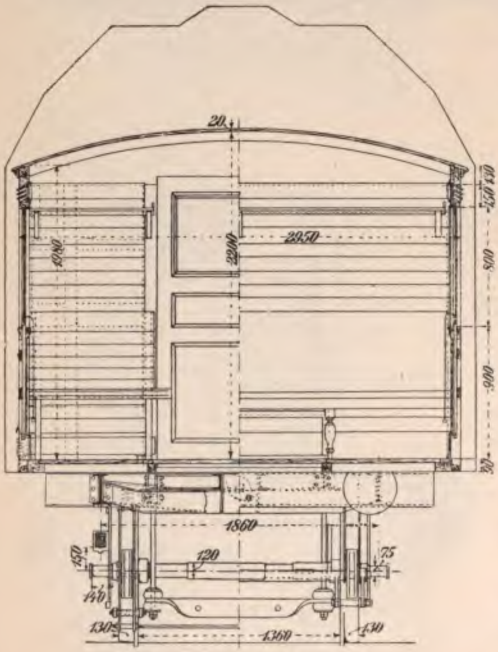


Fig. 132.

Der wesentlich grössere Arbeitsaufwand in der Steigung liess es wünschenswert erscheinen, das tote Gewicht der Züge thunlichst zu vermindern, und es wurde daher auch von der Anwendung einer eigentlichen elektrischen Lokomotive abgesehen, vielmehr die Personenwagen als Motorwagen ausgebildet.

Nach einiger Betriebszeit dieser Bahn zeigte sich, dass der Verschiebedienst mit dem gewöhnlichen Motorwagen einige Schwierigkeiten macht. Der Führer kann von seinem Stande aus schwer die Rückwärtsfahrt übersehen. Daher macht Heimpel den sehr berechtigten Vorschlag, eine für derartige Zwecke recht charakteristische Wagenform zu verwenden, wie sie Fig. 129 zeigt.

Hier soll der Wagenführer über das Wagendach sehen können, um sowohl vor- wie rückwärts Gleis, Weichen, Wagen und Personen, die das Kuppeln besorgen, beobachten zu können. Das Ladeprofil lässt diesen Aufbau gerade noch zu.

Für den Oberbau wurden als zulässiger Raddruck 5 *t* angenommen und dementsprechend eine Stahlschiene von 22 *kg-m* Gewicht und 9 *m* Länge verwendet. Jede Schiene ist auf elf kiefernen Querschwellen verlegt.

Die [illegible] der Motorwagen war durch [illegible] gende Bedingungen [illegible] genau vorgeschrieben:

[illegible] das Bedürfnis, die Wagen mit allen Fahrzeugen der [illegible] zu kuppeln, war die Zug- und Stossvorrichtung und [illegible] das Untergestell bestimmt;

[illegible] Rücksicht auf die Zugkraft durfte das Wagengewicht eine [illegible] Grenze nicht überschreiten;

[illegible] Abteilungen II. und III. Klasse mit zusammen [illegible] 32 Sitzplätzen [illegible] ein Raum für Post und Gepäck waren vorgesehen.

Die Figuren 130—132 stellen den Motorwagen dar. [illegible] der Mitte [illegible] durch seitliche Schubthüren zugängliche Gepäckraum [illegible] ein kleiner Verschlag für Poststücke eingebaut ist. An die [illegible] schliessen sich beiderseits Personenabteilungen an, [illegible] Seite die II. Klasse mit [illegible], auf der anderen [illegible] Klasse [illegible] Sitzplätzen. Die Personenabteilungen sind [illegible] den Plattformen an den Wagenenden durch Schubthüren zugänglich. Die [illegible] sind mit Seitenthüren versehen, sodass sie bei stärkerem [illegible]verkehr auch besetzt werden können. Der Wagenführer [illegible] seinen Platz und bedient die Handbremse und den Schalter.

Das Gestell ohne Puffer ist [illegible] mm lang. Entsprechend dieser [illegible] und den zu befahrenden Krümmungen wurde [illegible] Radstand von 4500 mm gewählt. Für den Bau neuer Wagen sind [illegible] vorgesehen, die auch bei auf den Achsen [illegible] Kurven zulässig sind.

Jede der beiden Achsen wird durch einen auf [illegible] sitzenden Motor von 25 PS mittels Zahnradübersetzung angetrieben. Die beiden Motoren sind hintereinander geschaltet; anfangs bestand die Möglichkeit, sie auch parallel zu schalten, um auf den schwereren Steigungen ohne Anhängewagen rascher fahren zu können; diese Schaltung wurde jedoch wieder fallen gelassen, da sich ein Bedürfnis dafür nicht zeigte und nur die Drahtführungen [illegible] dem Wagen verwickelter wurden. Der Stromabnehmer ist [illegible] Rolle.

Ein dienstfähiger Motorwagen wiegt [illegible] ein Beiwagen [illegible] An Güterwagen sind lediglich zwei gedeckte Wagen für den Ortsverkehr beschafft.

4. Stuttgart—Cannstadt.

Während die soeben beschriebene Bahn eine neue, von vornherein für elektrischen Betrieb angerichtete Anlage darstellt, ist die nachfolgende dem Bedürfnis [illegible] bestehender Staatsbahnlinie eine häufigere Zugfolge [illegible] einzurichten. Für diese Wünsche [illegible] denkbar

[illegible]

verkehr [illegible]

4. Stuttgart [illegible]

Während die [illegible]
herein für elektrischen [illegible]
nachfolgende dem [illegible]
bahnlinie eine häufigere [illegible]
zurichten. Für diese [illegible]



Fig. 133.

ungünstig und war die Einführung eines elektrisch betriebenen Akkumulatorenwagens von vornherein im Vorteil. Man wollte anderseits nicht gleich Stromleitungen für direkte Stromzuführung wählen, um an den bestehenden Anlagen nichts ändern oder hinzufügen zu müssen. Im übrigen zeigt sich der Akkumulatorenbetrieb für derartig spärlichen Betrieb, wie hier, im Vorteil gegenüber dem Leitungssystem.

Die Aktiengesellschaft Elektrizitätswerke (vorm. O. L. Kummer & Co.) in Dresden-Niedersedlitz in Gemeinschaft mit der Akkumulatorenfabrik-Aktiengesellschaft in Berlin haben daher für die Württembergische Staatsbahn-Verwaltung einen Vollbahn-Akkumulatorwagen hergestellt, der überall dort in Verwendung kommen kann, wo Bahnhöfe berührt werden, auf welchen die Ladung der Batterie bewerkstelligt werden kann.

Der Wagen (Fig. 133) ist ein gewöhnlicher Personenwagen III. Klasse mit 48 Sitzplätzen, Mittelgang und zwei Plattformen. Derselbe lief bisher auf zwei Achsen und wurde zum elektrischen Betriebe mit zwei Drehgestellen von je 1,7 *m* Radstand versehen, von denen eines mit mechanischer Doppelbremse, das andere mit zwei Elektromotoren von je 35 PS ausgerüstet ist; das letztere Drehgestell wird nur elektrisch gebremst.

Die Akkumulatorenbatterie ist in einem unterhalb des Wagens zwischen den Drehgestellen federnd aufgehängten, zum Ausschieben auf Rollen gelagerten Kasten untergebracht. Sie besteht aus 188 Zellen, deren Gesamtgewicht 5,8 *t* beträgt.

Die Ladung der Batterie erfolgt in zwei Reihen mit einer Spannung von 240 Volt, während die Entladespannung der in einer Reihe geschalteten Batterie 340 Volt, die Kapazität 16 Kilowattstunden beträgt. Die Ladung wird auf einem besonderen Gleis vorgenommen, neben welchem sich der Ladeständer befindet; derselbe besteht in einer ca. 1,7 *m* hohen gusseisernen Säule, in welche die Ladekabel einmünden. Er enthält ausser den notwendigen Sicherungen einen doppelpoligen Ausschalter und zwei Lademelder. Die letzteren zeigen dem Wärter die beendete Ladung für jede Batteriehälfte durch Ertönen einer Klingel und das Fallen einer Scheibe an.

Der Vorgang der Ladung spielt sich in folgender Weise ab:

Nach Ankunft des Wagens stellt der Wärter einen am Wagen befindlichen doppelpoligen Umschalter auf »Ladung«, wodurch die Trennung der bisher hintereinander geschalteten Batterie in zwei Hälften erfolgt. Dadurch wird zugleich die Schaltung in der Weise geändert, dass es unmöglich ist, durch ein etwaiges Verstellen der Steuerungsvorrichtung während der Ladung eine Hintereinanderschaltung der Batteriehälften vorzunehmen. Nun werden durch eine

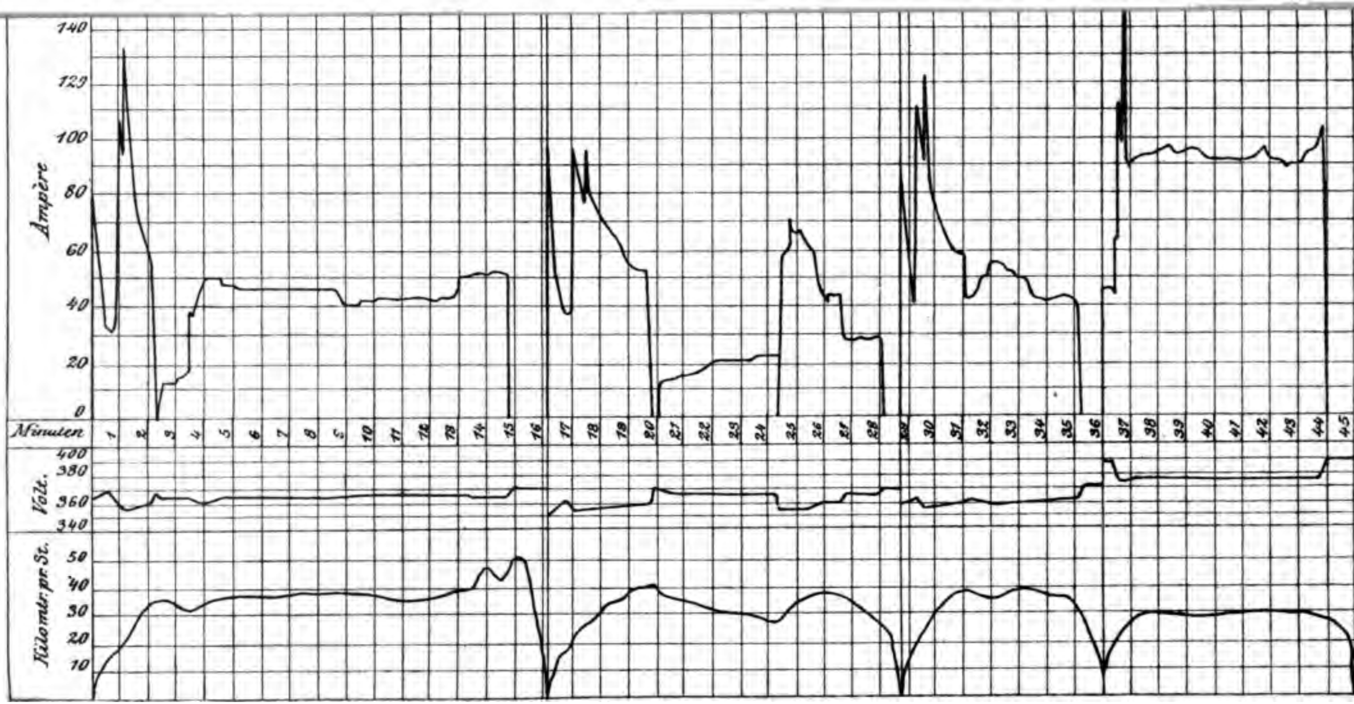
Leitungsschnur mit Steckkontakten die Pole der Batterie mit den Klemmen am Ladeständer verbunden. Die Steckkontakte können erst nach Einstellen auf Ladung in die Anschlussdose des Wagens eingeführt und dann nicht wieder daraus entfernt werden, so lange Strom durch die Ladekabel fliesst. Der doppelpolige Umschalter besitzt ausser der Stellung »Ladung« und der Stellung »Fahrt«, sowie der Stellung »Halt« noch eine Notstellung. Hierbei ist die Batterie in zwei Reihen geschaltet, sodass der Wagen bei etwaigem Schadhaftwerden eines Elementes oder dergl. noch mit Hilfe einer Batteriehälfte weiter fahren kann. Was die Beleuchtung anbelangt, so hat die Erfahrung gelehrt, dass gerade während der Ladung das Bedürfnis nach Licht vorhanden ist. Demgemäss wird bei der Stellung des Umschalters auf Ladung die Anzahl der brennenden Lampen im Verhältnis zu der höheren Ladespannung vermehrt, wobei eine der mehr brennenden Lampen als transportable Handlampe ausgebildet werden kann. Selbstverständlich können die Lampen auch während der Dauer der Ladung abgeschaltet werden.

Zwei Schalter für die Fahrt befinden sich auf den Plattformen und sind mit der Doppelbremse für das eine Drehgestell derartig kombiniert, dass von der Schalterwelle aus zugleich die mechanische Bremsung erfolgt, wenn der Wagenführer ausschaltet. Der Wagenführer hat demgemäss nur einen Hebel zu bedienen, mit dem er fahren, anhalten und bremsen kann. Ein anderer kleiner Hebel dient lediglich zur Einstellung der Hauptgeschwindigkeit bei Beginn der Fahrt und zum elektrischen Bremsen oder Rückwärtsfahren.

Mit diesem Wagen, der für den regelmässigen Verkehr zwischen Stuttgart—Cannstadt bezw. für die Umgehungsstrecke Untertürkheim—Kornwestheim bestimmt ist, wurden vor der Betriebseröffnung Messfahrten zwischen Stuttgart und Plochingen am 19. September 1897 vorgenommen und die in den Fig. 134 und 135 dargestellten Diagramme gewonnen. Diese Diagramme sind besonders lehrreich, da alle für Bahnen in Betracht kommenden Verhältnisse daraus ersichtlich sind. Neben dem Längsprofil und dem Kurvenband der Strecke sind die Stromspannungs- und Geschwindigkeitskurven ersichtlich gemacht. Den hohen Anfahrstromstärken entspricht naturgemäss jedesmal eine Spannungsverminderung.

Die sich aus Diagramm I ergebende mittlere Stromstärke beträgt 43,42 Ampere, für die Fahrt in umgekehrter Richtung nach Diagramm II 49,93 Ampere, die mittlere Spannung 373 bezw. 362 Volt und die mittlere Geschwindigkeit 28,7 *km*-Std. bezw. 30,9 *km*-Std. Nach der Formel:

$$W_1 = \frac{E \cdot J}{V \cdot T},$$



Schiemann, Bahnen. Fig. 135. Leipzig, Oskar Leiner.

worin E die Spannung, J die Stromstärke, V die Kilometergeschwindigkeit/Stunde, T das Wagengewicht (28,75 *t*) bedeutet, ist der Wattstundenverbrauch für das Tonnenkilometer $W_1 = 19,59$ bezw. 20,30.

Es ergab sich bei der Probefahrt der ungemein günstige Wert von rd. 20 Wattstunden für das Tonnenkilometer am Wagen. Der bei gewöhnlichen Fahrten erreichbare Energieverbrauch würde nach den Messungen der Akkumulatorenfabrik A.-G. etwa 25 Wattstunden für 1 *t-km* betragen.

Da für die Hin- und Rückfahrt dieser Probestrecke ein Gesamtverbrauch von $2 \times 23 \times 28,75 \times 20 = 26450$ Wattstunden erforderlich war, musste die Batterie von 16 Kilowatt-Stdn. Kapazität an beiden Endpunkten aufgeladen werden.

Rechnen wir hierbei mit einem Nutzeffekt zwischen Ladung und Entladung von 65%, so ergiebt sich ein Wattverbrauch von 30,8 für 1 *t-km* d. h. ca. $^2/_3$ des Verbrauches, den wir für Strassenbahnen mit direkter Stromzuführung einzusetzen gewöhnt sind. Je nachdem nun die Batterie in ihrer Grösse und Entladezeit einer möglichst günstigen Ausnutzung angepasst wird, kann sich der wirtschaftliche Wert noch ändern.

Bei der hier in Betracht kommenden Entladezeit von rd. $1^1/_2$ Stunden für eine Doppelfahrt wird nur 60% der aufgeladenen Kapazität nutzbringend verwendet werden, sodass sich der spezifische Wattverbrauch bei Anwendung transportabler Akkumulatoren bei $1^1/_2$ stündiger Entladung etwa gleich dem Wattverbrauch einschliesslich Leitungsverluste bei direkter Zuleitung stellt. Betriebsersparnisse werden also durch Akkumulatorenbetrieb nicht erzielt, hingegen Baukapitalien bezw. deren Zinsen. Eine oberirdische Stromzuführung für die Strecke Stuttgart—Plochingen würde etwa 200000 ℳ kosten, während die hier verwandte Batterie höchstens 10—12000 ℳ kostet. Angenommen nun, dass für die Batterie noch eine grössere Anzahl Reservezellen beschafft werden muss, so können die Batteriekosten höchstens 20000 ℳ betragen, d. h. also den zehnten Teil der Stromleitung. Mit den Zinsen, Amortisations- und Unterhaltungs-Beträgen stellt sich naturgemäss in diesem und ähnlichen Fällen der Akkumulatorenbetrieb wirtschaftlich günstiger als Leitungsbetrieb.

Anders steht dies bei der nun folgenden, im Umbau begriffenen Wannsee-Bahn.

5. Wannsee-Bahn.

Die preussische Eisenbahnverwaltung will an dieser Anlage sich selbst ein Bild über den elektrischen Vollbahnbetrieb machen und hat zu diesem Zwecke allerdings das denkbar günstigste Objekt aus-

gewählt. Die Wannsee-Bahn hat heute bereits einen 10 Minutenverkehr (im Sommer sogar bis zu 5 Minuten) mit Dampfbahnzügen von zehn Wagen. Sie ist zweigleisig, läuft bis Zehlendorf mit der Potsdamer-Bahn parallel auf dem gleichen, zu vier Gleisen ausgebauten Bahnkörper und dient nur allein dem Personenverkehr zwischen Berlin und den westlichen Vororten. Hier würde ein Akkumulatorenbetrieb ebenso ungünstig sein, wie er bei der vorher beschriebenen Anlage günstig war.

Über die Absichten der Eisenbahnverwaltung hielt Herr Eisenbahndirektor Bork, als Urheber des Umwandlungsprojektes, in einer Sitzung des Vereins für Eisenbahnkunde in Berlin einen Vortrag, aus welchem das Folgende entnommen ist:

»Angeregt durch die Erfolge der elektrischen Betriebsart auf Strassen- und Kleinbahnen, kann es als ein wesentlicher Fortschritt begrüsst werden, dass nunmehr auf der Wannsee-Bahn, und zwar auf der 12 *km* langen Strecke Berlin—Zehlendorf, versuchsweise die elektrische Zugförderung, ausgeführt von der Firma Siemens & Halske, zur Anwendung kommen wird. Dabei soll zunächst einer der im bestehenden Fahrplan verkehrenden Züge mit einer grössten Zuglast von 210 *t* auf die Dauer eines Jahres elektrisch betrieben werden. Dieser verkehrt in jeder der beiden Richtungen auf der 12 *km* langen Strecke 15 Mal, legt also täglich 360 *km* zurück und wird aus neun normalen dreiachsigen Vorortewagen der gegenwärtigen Bauart bestehen. Der an der Zugspitze und am Ende laufende Wagen III. Klasse wird Motorwagen, sodass beim Richtungswechsel in Berlin und Zehlendorf keinerlei Änderung am Zuge selbst vorzunehmen ist; nur der Wagenführer hat seinen Standpunkt zu wechseln. Die Abteile an der Spitze und am Ende des Zuges werden als Wagenführerräume und die unmittelbar daran stossenden als Gepäckräume eingerichtet. Die übrigen Abteile verbleiben ihrer bisherigen Bestimmung. Die gegenwärtige Luftdruckbremse wird beibehalten, gleichzeitig aber eine elektrische Bremsung zur Gewinnung eingehender Versuchsresultate zur Anwendung gelangen. Auch die bisherige Dampfheizung bleibt zunächst bestehen. Der dafür erforderliche Dampf wird dem in einem Motorwagen während des Winters eingesetzten Kessel entnommen.

Für die Beleuchtung der Wagenabteile und der Signallaternen am Zuge sind Glühlampen vorgesehen. Den erforderlichen Betriebsstrom von 500 Volt liefert die Firma Siemens & Halske aus ihrer in annähernd 2 *km* Entfernung vom Bahnhof Steglitz gelegenen Kraftstation. Die Endachsen jedes Motorwagens sind mit einem Elektromotor ausgerüstet, dessen Anker direkt auf der Achse angeordnet und dessen Magnetgestell federnd am Wagenuntergestell

aufgehängt ist. Es entfällt der bei Strassenbahnen übliche Zahnradantrieb. Zur Verminderung der Anfahrtszeit und zur Vergrösserung des Adhäsionsgewichtes während derselben wird bei der Anfahrt mit sämtlichen vier Motoren, innerhalb des Beharrungszustandes dagegen nur mit denen an der Zugspitze gearbeitet. Die elektrische Schaltung und Steuerung werden jeweilig von dem an der Zugspitze befindlichen Wagenführerraum bethätigt.

Die Triebwagen erhalten auf jeder Seite mindestens einen Stromabnehmer, der direkt mit der Achsbuchse in Verbindung steht. Die Stromabnehmer sind gusseiserne Gleitschuhe mit vertikaler Beweglichkeit und schleifen auf einer in 300 *mm* Höhe neben den Gleisen geführten Leitungsschiene. Diese werden alle 4—5 *m* von Isolatoren getragen und zum Schutz gegen unbeabsichtigtes Berühren der Leitungen mit seitlichen Schutzbrettern versehen, zwischen denen nur ein Schlitz von solcher Breite bleibt, dass der Stromabnehmer hindurchreicht.«

6. Orleans-Bahn.

Die französische Orleans-Eisenbahn-Gesellschaft ist nach der »Revue générale des chemins de fer«, November 1898 (vergl. auch ETZ 1899, Heft 7, S. 141), soeben daran, ihre Strecke doppelgleisig und normalspurig gegen das Innere der Stadt Paris zu verlängern, um für einen grossen Teil des Eilgut- und Gepäckverkehrs, namentlich aber für die Pariser Fahrgäste einen günstiger gelegenen Endbahnhof zu gewinnen, als ihr bisheriger es ist. Durch dieses Vordringen, das sich vom Bahnhofe Austerlitz bis zum Quai d'Orsay erstrecken wird, erfährt die Orleans-Bahn eine Verlängerung von 3,7 *km*, von denen 3,1 *km* als Tunnel ausgeführt sind. Auch der neue Endbahnhof Quai d'Orsay, welcher unmittelbar vor dem Palais des Cour des comptes seinen Platz findet, ist natürlich unterirdisch angelegt und zu neun Zehntel seiner ganzen Ausdehnung niedrig überwölbt, während nur das zehnte Zehntel für die Zu- und Abgänge an den Bahnsteigen und Auf- und Abgabebureaus, sowie für verschiedene andere Verkehrstreppen offen bleibt. Der riesige Verkehr der Orleans-Bahn, der sich auf dieser Untergrundstrecke fortsetzen und innerhalb 24 Stunden durchschnittlich auf 150 Züge beziffern wird, ferner der durch das Umstellen der Wagen auf dem Kopfbahnhofe Quai d'Orsay notwendig werdende längere Aufenthalt der Lokomotiven, kurz alle die obwaltenden örtlichen Verhältnisse zusammengenommen liessen von vornherein erkennen, dass hier der Dampf- und Rauchentwickelung gewöhnlicher Dampflokomotiven unbedingt ausgewichen werden müsse. Man entschloss sich also, für

die Verlängerungsstrecke den elektrischen Betrieb einzuführen, und zwar um so eher, als ohnehin — abgesehen von der Zugförderung — für anderweitige motorische Einrichtungen, namentlich aber für Beleuchtungszwecke ein namhafter Bedarf an elektrischer Energie vorlag und sonach sämtliche Verwendungen eine gewisse wirtschaftlich vorteilhafte Zusammenziehung erfahren konnten.

Auch in eisenbahnbetriebstechnischer Beziehung lagen gegen die Durchführung eines Lokomotivwechsels am Bahnhofe Austerlitz — wo die mittels Dampflokomotiven aus der Richtung von Orleans eintreffenden Züge von elektrischen Lokomotiven zu übernehmen, sowie umgekehrt die von Paris (Quai d'Orsay) kommenden von Dampflokomotiven weiterzuführen sein werden — keine Schwierigkeiten vor, weil in dieser Station fast der dritte Teil des gesamten Postverkehrs von Paris vermittelt wird und die Reisenden aus ausgedehnten Bezirken an der Peripherie von Paris und aus den anstossenden Vororten ein- und aussteigen, also ohnehin jeder Zug anhalten muss. Mit Rücksicht auf die abzuwickelnden Geschäfte beläuft sich dieser Aufenthalt auf mindestens zwei Minuten, ein Zeitraum, der völlig hinreicht, um unter Einem auch den Maschinenwechsel glatt durchzuführen.

Bevor aber zur Abfassung eines diesfälligen endgiltigen Entwurfes geschritten wurde, hatte die Eisenbahngesellschaft zum näheren Studium der Angelegenheit mehrere Fachingenieure nach Amerika entsendet, deren Reisebericht in (»Revue générale des chemins de fer«, Oktoberheft 1898) als unzweifelhaft feststellte, dass gemäss der auf der Baltimore-Ohio-Bahn im Howard-Tunnel, auf der Erie-Bahn in Hoboken, dann auf der New York - New Haven - Hartfort - Bahn und anderwärts in der Praxis gewonnenen Erfahrungen hinsichtlich der in Paris für die Verlängerung der Orleans-Bahn vorliegenden Verhältnisse der elektrische Betrieb nicht nur als durchaus geeignet, sondern als besonders zweckdienlich gelten dürfe. Es würde daselbst lediglich eines oder das andere der erprobten amerikanischen elektrischen Zugförderungssysteme anzunehmen sein, ohne jegliche Gefahr eines Misserfolges und ohne jede wie immer geartete Beeinträchtigung der Verkehrssicherheit u. s. w. Erst auf Grund dieses, von den Delegierten nach jeder Richtung hin vorzüglich motivierten Urteiles wurde sodann seitens der Eisenbahnverwaltung die Einführung des elektrischen Betriebes endgültig beschlossen und zuvörderst angestrebt, in nächster Nähe der in Betracht kommenden Bahnstrecke ein Elektrizitätswerk anzulegen, welches nur den für die Zugbeförderung nötigen Strom von 500—600 Volt liefern und direkt abgeben sollte. Nachdem sich aber hierin unüberwindliche Hindernisse ergaben, und auch der wirtschaftlichen Vorteile wegen entschloss man sich, in

Ivry, wo die Eisenbahnverwaltung Gelegenheit gefunden hatte, unter günstigen Bedingungen ein neben dem Güterbahnhofe gelegenes, trefflich geeignetes Grundstück zu erwerben, ein grosses Elektrizitätswerk anzulegen. Dasselbe wird den gesamten Energiebedarf für die Zugförderung, dann für die Beleuchtung der Tunnels und der weiter oben genannten zwei Bahnhöfe, ferner für den Betrieb von Schöpfwerken, Speisepumpen, Aufzügen, Drehscheiben, Schiebebühnen u. s. w. längs der ganzen zwischen dem Quai d'Orsay und den äusseren Festungswerken sich ausdehnenden, 6 *km* langen Bahnlinie zu decken imstande sein und für fernerhin noch beliebig erweitert werden können. Ivry ist vom Quai d'Orsay volle 5,3 *km* entfernt; es konnte sonach nur daran gedacht werden, in der Centralstation daselbst hochgespannten Strom zu erzeugen, der an den Verwendungsstellen den Bedürfnissen angemessen umgewandelt wird. Mit Rücksicht auf eine möglichst billige Zuführung wurde Dreiphasenstrom gewählt, und unter diesen Gesichtspunkten der Entwurf zu den nachstehend zu schildernden elektrischen Anlagen ausgearbeitet, welche seitens des französischen Kommunikationsministers mit Entscheidung vom 4. August 1898 die Genehmigung erhalten haben und derzeit in voller Ausführung begriffen sind, da sie Ende des Jahres 1899 bereits dem Betriebe übergeben werden sollen.

Im Maschinenhause des Elektrizitätswerkes Ivry werden vorerst zwei, später drei Elektrizitätserzeuger von je 1000 Kilowatt aufgestellt, die einen Dreiphasenstrom von 5500 Volt liefern. Dieser Strom wird mit oder ohne Reduktion nur in einigen feststehenden Motoren mit gleichmässigem Gange, wie z. B. in denen der Pumpen, unmittelbar verwendet, hingegen für alle übrigen Zwecke umgewandelt. Zu dem Behufe befinden sich auf den beiden Stationen Quai d'Orsay und Austerlitz je ein rotierender Umformer von 250 Kilowatt und 500 Umdrehung pro Minute, der vereinigt mit einem stationären Transformator den hochgespannten Dreiphasenstrom für die motorischen Zwecke in Gleichstrom von 550 Volt umwandelt. Ferner sind in diesen zwei Stationen, sowie auch in Ivry je zwei Leblanc'sche Synchronmotoren von 100 Kilowatt vorhanden, welche Gleichstromgeneratoren antreiben und auf diesem Wege den Lichtstrom von 500 Volt erzeugen. Ausserdem werden in jeder der erstgenannten zwei Stationen eine Akkumulatorenbatterie von 1100 Ampere-Stunden Kapazität aufgestellt, welche fürs erste und hauptsächlich für die Zugförderungsanlage als Puffer zu dienen haben, vorkommenden Falles, z. B. bei Störungen, auch mehrere Stunden hindurch die Beleuchtung besorgen können.

Die Verteilung des Primärstromes geschieht mittels dreidrähtiger vorzüglich isolierter und durch starke Schutzpanzerung gesicherter

Kabel, die in den Boden oder in gemauerte Kanäle verlegt werden. Die Zuführung des Sekundärstromes zu den einzelnen Motoren und für das Beleuchtungsnetz wird in der gewöhnlichen Weise als Oberleitung hergestellt; für die Zugförderung jedoch erfolgt die Zuführung des Betriebsstromes für jedes Gleis im allgemeinen durch einen dritten Schienenstrang. Letzterer soll seitlich, sei es rechts oder links, neben dem Fahrgleis auf paraffinierten Sattelhölzern angebracht werden, die von kurzen, gleichfalls paraffinierten und auf die Bahnschwellen aufgezapften Holzstützen getragen sind. Zunächst der Gleiskreuzungen und Weichen kommt die dritte Schiene wohl auch mitten ins Gleis und dort, wo die letzteren so dicht ineinander laufen, dass überhaupt keine Leitungsschiene ausgelegt werden kann, sowie auf einigen Verschiebegleisen werden für die Stromzuführung stückweise Oberleitungen hergestellt. Demgemäss erhalten die Lokomotiven, und zwar sowohl am vorderen als am rückwärtigen Ende je drei nach abwärts federnde Stromabnehmer, die in Übereinstimmung mit den drei möglichen Lagen der Leitungsschiene, rechts, links und in der Mitte des Untergestelles der Lokomotive ihren Platz erhalten, sodass also stets mindestens zwei Stromabnehmer gleichzeitig in Wirksamkeit stehen. Weiter hat die Lokomotive auch nach vorn und rückwärts am Dache je einen als Drahtbogen ausgeführten, nach oben federnden Stromabnehmer für jene Streckenstellen, wo sich Oberleitung befindet.

Vorläufig wurden acht Lokomotiven bestellt, von denen bei vollem Betriebe stets fünf oder sechs im Dienste sein werden. Alle vier Achsen derselben sind Treibachsen, und jede davon wird für sich durch einen eigenen Motor (Serienmotor) ganz in derselben einfachen Art und Weise wie bei gewöhnlichen Strassenbahnmotorwagen mittels Zahnradübertragung angetrieben. Jede Lokomotive soll normal 500 Kilowatt leisten können und ihr Gewicht wird 40 *t* betragen. Durch Beigabe von 5—6 *t* Ballast erreicht die Lokomotive ein Adhäsionsgewicht, das sie in den Stand setzt, einen Zug von 250 *t* (die Lokomotive mitgerechnet) ohne Aufenthalt in sieben Minuten vom Endbahnhofe Quai d'Orsay nach der Station Austerlitz zu befördern — was einer Fahrgeschwindigkeit von nicht ganz 32 *km*-Std. entspricht — oder einen Zug von 350 *t* auf einer maximalen Steigung von 11‰ in Gang zu setzen.

Für die Beleuchtung und die kleinen Motoren ist der Jahresverbrauch mit 1720000 Kilowatt-Stunden berechnet, bei einem stündlichen Maximalverbrauch von 500 Kilowatt. Für die Zugförderung beziffert sich der Jahresbedarf — angenommen, dass im ganzen 150 leere und beladene Züge täglich verkehren — auf 1420000 Kilowatt-Stunden. Im Durchschnitt wird sich der Energieverbrauch bei

den in sieben Minuten ohne Aufenthalt durchzuführenden Hin- und Rückfahrten für den Transport jeder Kilometertonne auf 27 Wattstunden belaufen; ein mittlerer Zug, d. h. ein Zug von 200 *t* (Lokomotive mitgerechnet) wird 650 Kilowatt beim Anfahren und 250 Kilowatt bei voller Fahrt nötig haben.

7. Verschiedene Bahnanlagen und -Projekte.

Nachdem nunmehr einige für Vollbahnen charakteristische Anlagen mit Oberleitung und Niveauleitung, mit stationären und transportablen Akkumulatoren, mit Lokomotiven und Motorwagen beschrieben wurden, erübrigt es noch, einiger Anlagen und Projekte im In- und Auslande Erwähnung zu thun, um die zur Zeit herrschenden Bestrebungen im Vollbahnbau durch Thatsachen zu belegen.

Die hier folgenden Notizen sind den verstreut vorgefundenen Litteraturangaben entnommen, und nur der Vollständigkeit halber als solche hier aufgeführt.

Am 17. April 1894 wurde in der Schweiz eine normalspurige elektrische Eisenbahn dem Betriebe übergeben. Die 4 *km* lange Linie Orbe-Chavornay, der Société des usines d'Orbe gehörend, verbindet den Bahnhof der Jura-Simplon-Bahn in Chavornay mit dem 22,8 *m* höher gelegenen Städtchen Orbe. Diese elektrische normale Nebeneisenbahn vermittelt den Personenverkehr von und nach der Station der Hauptbahn, dient aber zugleich auch zur Beförderung von Normalbahngüterwagen ohne Umladung.

Das Gleis liegt mit 2200 *m* auf der öffentlichen Landstrasse, während die beiden Anschlussstücke mit einer Grösststeigung von 25‰ und Krümmungen bis 156 *m* Halbmesser auf eigenem Bahnkörper hergestellt sind. Eine Kreuzungsstelle ist auf der durchgehend eingleisig angelegten Bahn nicht vorhanden, dagegen wurden an den beiden Endstationen die nötigen Ausweich- und Wagenaufstellgleise mit elektrischer Einrichtung ausgerüstet.

Auf der unteren Station werden die für Orbe bestimmten Güterwagen beim Güterschuppen der Hauptbahn, bis wohin die elektrische Leitung geführt ist, abgeholt. Die Zuleitung des elektrischen Stromes erfolgt oberirdisch durch den über der Gleismitte gespannten Fahrdraht, und die Fahrschienen leiten ebenfalls den Strom. Als Stromabnehmer dient ein an einer Stange befestigter beweglicher Löffel. Der Personenverkehr ist vom Güterverkehr getrennt und wird von einem mit zwei Motoren, System Thury, versehenen, 11,5 *t* schweren Personenwagen, mit Durchgang und zwei Endplattenformen durchgeführt, welchem Wagen nötigenfalls, wenn die 45 Plätze nicht genügen, ein weiterer gleich gebauter Personenwagen ohne Motor

angehängt wird. Für den Transport der Güterwagen, sowie als Reserve für den Personenverkehr ist eine elektrische Lokomotive vorhanden, die imstande ist, einen geladenen Normalgüterwagen von 20 *t* Totalgewicht zu befördern. Sie ist in Form eines kleineren gedeckten Güterwagens von 3 *m* Radstand bei 7,4 *m* totaler Länge, mit zwei Endplattformen gebaut, von welcher letzteren aus die Bedienung des Schalters und der Bremse erfolgt. Das Gewicht dieses Fahrzeuges beträgt leer 9800 *kg* und ist ein Maximal-Ladegewicht von 6200 *kg* vorgesehen. Die beiden Motoren sind, wie beim Personenwagen, einerseits am Untergestell elastisch aufgehängt und stützen sich mit dem anderen Ende auf die Wagenachse, welche sie durch Räderübersetzung direkt antreiben. Die höchste Fahrgeschwindigkeit auf der horizontalen Linie beträgt 24 *km*-Stdn., während auf der anhaltenden Steigung von 25 ‰, welche zugleich in einer grossen Krümmung von 200 *m* Halbmesser liegt, die Fahrgeschwindigkeit etwa 10 *km* beträgt.[1])

Zwischen Türkheim und Wörrishofen i/B. wurde am 15. August 1896 der Betrieb auf einer elektrisch betriebenen Nebenbahn eröffnet, nachdem die Verwaltung der bayerischen Staatseisenbahnen die Ausführung der Bahn sowie der Betriebsmittel geprüft hatte. Diese Prüfung erstreckte sich auf den Nachweis, dass die Betriebsmittel, der Bahnkörper und der Oberbau thatsächlich dazu ausreichen, um den gesamten bestehenden Güterverkehr in seiner Maximalausdehnung und zwar gleichzeitig mit dem Personenverkehr zu bewältigen. Zu diesem Zwecke wurde die Bahn vor Betriebseröffnung in Einhaltung des vorgeschriebenen Fahrplanes während eines ganzen Tages in ihrer Maximalleistung betrieben, einer Leistung, welche die thatsächlichen Verhältnisse weit übertrifft. Die durchgeführten Dauerversuche wurden so vorgenommen, dass jeder der Motorwagen zwei vollbeladene Güterwagen von je 10000 *kg* Tragfähigkeit in voller Fahrgeschwindigkeit mitnehmen musste, woraus sich eine Zugkraft der Motorwagen von 43 *t* ergab. Diese Motorwagen sind übrigens Personenwagen mit zwei Abteilungen für I. und III. Klasse, welche auf je zwei Drehgestellen ruhen, und welche mit zwei Elektromotoren der Konstruktion Gebrüder Naglo ausgerüstet sind.

Die Bahnanlage selbst mündet in den Staatsbahnhof Türkheim ein, und zwar das Hauptgleis der Bahn überschreitend, sodass die elektrischen Züge direkt vor dem Bahnhofsgebäude halten. Der Verkehr auf genannter Bahn ist ein ausserordentlich lebhafter und der Betrieb ein voll zufriedenstellender.

---

[1]) Am 19. Juli 1899 wurde die 41 *km* lange Vollbahn in der Schweiz zwischen Burgdorf und Thun eröffnet (vergl. E. T. Z. 1899, Heft 31, S. 554).

Von der A. G. El.-W. (vorm. O. L. Kummer & Co.) in Dresden wurde im Jahre 1897 die Nebenbahn Aibling-Feilnbach (Wendelstein-Bahn) eröffnet, welche sowohl dem Personen-, als auch dem Güterverkehr dient. (ETZ 1897, S. 339.)

Seit dem 1. Mai 1897 ist in Ludwigshafen eine elektrische Vollbahn mit Akkumulatorenbetrieb dem Verkehre übergeben. Die Geschwindigkeit beträgt maximal 65 *km*, durchschnittlich 50 *km*. Die Bahn verbindet Ludwigshafen mit Neustadt und Worms; dieselbe wurde von der Direktion der königl. Pfälzischen Eisenbahnen in Verbindung mit der Elektrizitäts-A.-G. vorm. Schuckert & Co. und der Akkumulatorenfabrik-A.-G., Berlin, hergestellt.

In Brüssel und Lüttich sind mit elektrisch betriebenen Vollbahnwagen Versuche angestellt worden. Es sind zu diesem Zwecke vier Wagen von je 15 *m* Länge, mit Durchgängen, für je 75000 Frcs. gebaut worden; jeder dieser Wagen wiegt etwa 40 *t*. Man rechnet darauf, dass die 100 *km* in einer Stunde und einigen Minuten zurückgelegt werden können, wogegen die internationalen Schnellzüge gegenwärtig noch über $1^1/_2$ Stunde brauchen. Der Betrieb geschieht mit Akkumulatoren. Diesen Versuchen wird man mit Interesse entgegensehen, zumal es sich um eine Strecke handelt, die in bedeutendem Masse auch dem internationalen Verkehre dient.

Nach Mitteilungen italienischer Blätter soll die Gesellschaft der Mittelmeerbahnen beabsichtigen, den Personen- und Güterverkehr durch den Mont-Cenis-Tunnel für elektrischen Betrieb einzurichten. Die Gesellschaft hat einen diesbezüglichen Vertrag mit der Oberitalienischen Elektrizitätsgesellschaft abgeschlossen. Ergiebt der elektrische Betrieb günstige Resultate, so wird beabsichtigt, die ganze Strecke Mondane—Turin für elektrischen Betrieb einzurichten.

Am 8. Februar 1899 wurde auf der 13 *km* langen Eisenbahnstrecke Mailand—Monza der elektrische Betrieb eröffnet. Die Züge bestehen nur aus einem Doppelwagen, der 64 Sitz- und 20 Stehplätze enthält. Solcher Züge werden täglich 22 abgelassen, 11 nach jeder Richtung. Der Betrieb erfolgt durch Akkumulatoren, die den Zügen eine Geschwindigkeit bis zu 60 *km* in der Stunde verleihen. Die elektrischen Maschinen der neuen Züge sind von der Nürnberger Elektrizitäts-Aktiengesellschaft Schuckert & Co. geliefert worden. In Italien verfolgt man den neuen Betrieb mit sehr grosser Spannung, da man die Hoffnung hegt, in absehbarer Zeit das gesamte italienische Eisenbahnnetz mit elektrischer Kraft zu betreiben und sich dadurch von dem Tribut zu befreien, den Italien gegenwärtig für Kohle an das Ausland zu entrichten hat, da ja Italien keine Kohlenlager besitzt. (Näheres in der Schweizerischen Bauzeitung, 4. März 1899,

S. 80; Z. d. V. d. Ing. 1899, Heft 12, S. 341; ETZ 1899, Heft 13, S. 240.)

Von dem russischen Ministerium für Verkehrswege verlautet, dass beschlossen sei, demnächst auf den Bahnstrecken Petersburg—Moskau, Petersburg—Warschau und auf den baltischen Linien eine Reihe von Versuchen mit elektrischen Motoren an Stelle des Dampfmaschinenbetriebes vornehmen zu lassen, und zwar soll eine Geschwindigkeit von 80 Werst in der Stunde verlangt sein.

Ebenso hat die Verwaltung der Arad—Czánader Eisenbahn in Ungarn beschlossen, auf einem Teile ihrer Linien den elektrischen Betrieb einzuführen.

In Amerika schweben ebenfalls unzählige Projekte für elektrische Vorort- und Überlandbahnen, von denen nur einige hier genannt sein mögen. So soll u. a. demnächst eine Linie von Milwaukee durch Cuhady und die Städte Lake und Oak Creek, Caledonia, Mt. Pleasant u. s. w. nach Kenosha errichtet werden, deren Gesamtlänge ungefähr 26 *km* ist.

Eine grössere Linie wird für Kalifornien geplant, welche durch das Sonoma- und das Napathal führen und zwei der fruchtbarsten Gegenden des Landes zu verbinden bestimmt ist. Dieselbe wird 180 *km* lang sein.

Schliesslich sei noch der Ende 1898 eröffneten, von Siemens & Halske A.-G. für die Rheinische Bahngesellschaft erbauten ca. 30 *km* langen elektrischen Bahn mit Vollbahncharakter zwischen Düsseldorf und Krefeld Erwähnung gethan. Dieselbe zeigt, dass man elektrische Vollbahnen auch ohne weiteres auf Strassen laufen lassen kann, ohne dass sich dadurch die Betriebsverhältnisse ändern brauchen. Die Bahn beginnt auf den Strassen der Städte, führt zwischen den genannten Städten auf eigenen, zwischen Fahr- und Fusswegen gelegenem Bahnkörper und benutzt den Bügelkontakt bei 50 *km*-Stdn. Geschwindigkeit. Die vierachsigen Wagen besitzen zwei, die zweiachsigen einen Bügel. Die Strecke ist teils zwei-, teils eingleisig. (Vergl. ETZ 1899, H. 25, S. 432 ff.)

XIV.

Stromzuführungen für Vollbahnen.

Die im Kapitel IV des ersten Bandes, 1898 S. 305 ff. beschriebenen Wagenkontakte eignen sich nur für Bahnen untergeordneter Bedeutung, die wir in Deutschland unter dem Namen Kleinbahnen zusammenfassen können. Für viele Bahnen, bei denen einmal grössere Geschwindigkeit, zum anderen eine grössere Stromentnahme und zum dritten andere Betriebsverhältnisse massgebend sind, genügen diese bisher üblichen Wagenkontakte und Stromleitungen nicht.

Je nach Art und Bedürfnis unterscheidet man auch hier Hochleitungen und Niveauleitungen, und die Kontaktvorrichtungen können in beiden Fällen sowohl Schleifkontakte als auch Rollkontakte sein.

1. Hochleitungen.

Für Transportbahnen, wie eine solche Fig. 136—138 zur Darstellung gebracht ist, hat die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft in Berlin die Stromleitung doppelt angeordnet, um grössere Berührungsflächen zwischen Fahrdraht und Wagenkontakt zu haben, und dabei nicht die Schmiegsamkeit der Fahrleitung einzubüssen. Zu diesem Zwecke sind zwei parallel nebeneinander isoliert aufgehängte 8 *mm* Kupferdrähte auf elastischen Seilkonstruktionen aufgehängt. Der Strom wird durch zwei walzenförmige Bügel abgenommen. Da diese Walzen nur eine beschränkte Nachgiebigkeit in vertikaler Richtung besitzen, musste die ganze Fahrleitung so montiert werden, dass stets eine gute Berührung gewährleistet ist. Die Berührungsfläche ist bei dieser Konstruktion vervierfacht gegenüber den gewöhnlichen Kontaktvorrichtungen. Die Fahrleitung und ihre Aufhängungsseile ragen nicht in das Lichtraumprofil der Bahn hinein, während die stromabnehmenden Walzen aus dem Wagenprofil heraustreten. Sollte die elektrische Lokomotive als Wagen in einem Güterzuge auf Vollbahnen befördert werden müssen, so würden die Stromabnehmer leicht entfernt werden können. Diese hier beschriebene Anordnung ist für

Gleichstrom bestimmt und werden die Fahrschienen zur Leitung mit benutzt.

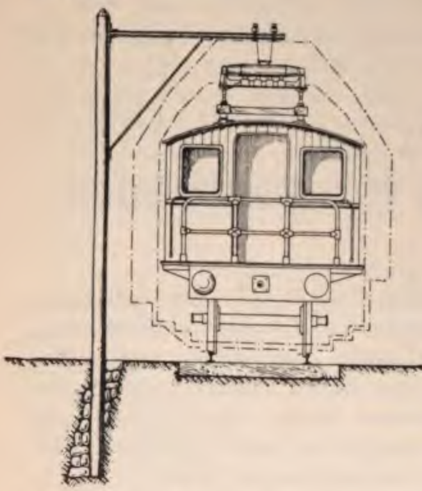


Fig. 136.

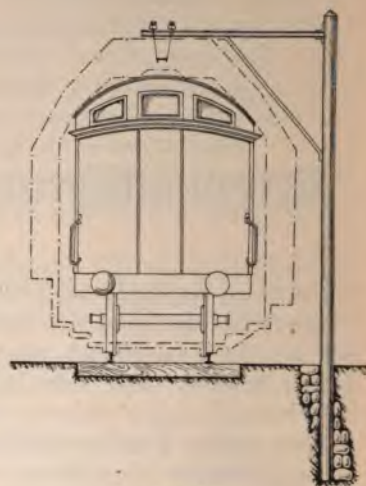


Fig. 137.

In den Fig. 139—141 ist eine ebenfalls von der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft vorgeschlagene Leitungsanlage zur Anschauung

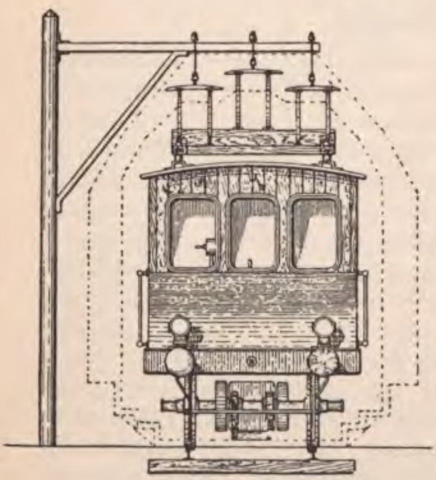


Fig. 139.

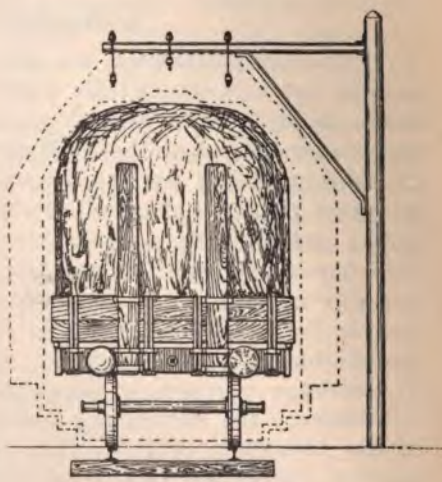
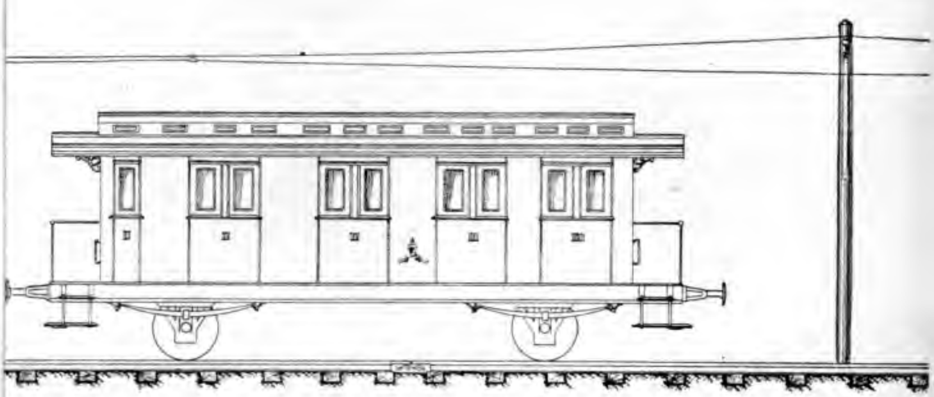
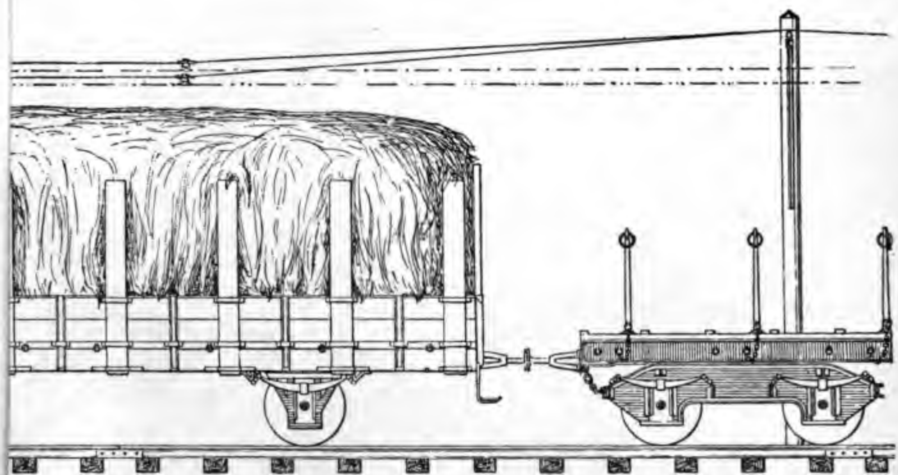


Fig. 140.

gebracht. Die Stromabnehmer sind so angeordnet, wie dies der Querschnitt der Figur andeutet. Die Fahrleitungen sind, da sie gegen-





Leipzig, Oskar Leiner.

einander Potentialdifferenz besitzen, möglichst weit auseinander gelegt und ragen nicht in das Lichtraumprofil der Bahn hinein, während die Stromabnehmer naturgemäss wieder über das Wagenprofil herausragen müssen.

Die auf dem Dache der Lokomotive angebrachten Stromabnehmer, bestehen aus drei, auf je zwei federnden Stahlbändern befestigten, Schleifbügeln aus Aluminium, von denen der mittlere gegen die beiden äusseren isoliert ist, während letztere unter sich leitende Verbindung haben. Die zweipolige Fahrleitung besteht aus 8 *mm* Kupferdrähten. Dieselben sind etwa alle 20 *m* mittels besonderer, nicht isolierender Klemmen an Spanndrähten aufgehängt, welche in Entfernungen von 40 *m* an Auslegermasten befestigt und durch gewöhnliche Porzellan-Isolatoren untereinander und von der Erde isoliert sind. Durch diese Art der Aufhängung wird es gleichzeitig ermöglicht, den Spanndraht zur Stromleitung mit zu benutzen. Der eine der beiden Fahrdrähte befindet sich über der Mitte des Gleises, während der andere in einem wagerechten Abstande von 725 *mm* an der einen und bezw. anderen Seite des Mitteldrahtes aufgehängt ist.

Der Mitteldraht liegt an jeder Stelle 190 *mm* höher als der Seitendraht. Der tiefste Punkt des Mitteldrahtes liegt 4990 *mm* und derjenige des Seitendrahtes 4800 *mm* über Schienenoberkante. Es beträgt demnach der Abstand von der Umgrenzungslinie für die festen Teile der Betriebsmittel für den Mitteldraht mindestens 4990 — 4280 = 710 *mm* und für den Seitendraht 4800—4150 = 650 *mm*, sodass eine Berührung der Drähte mit irgendwelchen Teilen der Eisenbahnwagen ausgeschlossen ist.

Von den drei Schleifbügeln werden im allgemeinen immer nur der Mittelbügel und einer der beiden Seitenbügel in Wirksamkeit treten; nur am Anfang einer Weiche oder Kreuzung werden beide Seitenbügel für eine kurze Strecke gleichzeitig zur Stromabnahme benutzt, da hier ein Wechsel der beiden Seitenbügel in dem Sinne eintreten muss, dass der im geraden Gleis unbenutzte Seitenbügel im abzweigenden Gleis die Stromleitung besorgt und der vorher thätige, nunmehr unbenutzt bleibt. Der Mittelbügel behält hierbei stets mit dem Mitteldraht Berührung und der unbenutzte Seitenbügel kann unter dem Mitteldraht hindurchgehen, ohne diesen zu berühren, da die höchste Lage, welche der Seitenbügel erreichen kann, tiefer liegt als der tiefste Punkt des Mitteldrahtes.

Von der Anwendung einer Kontaktrolle üblicher Konstruktion muss mit Rücksicht auf die häufig wechselnde Fahrtrichtung, sowie wegen der in diesem Falle erstrebenswerten Vermeidung von Luftweichen Abstand genommen werden.

Die bereits erwähnte Lokomotive der Baltimore—Ohio-Bahn machte eine ganz besondere und für hohe Stromstärken geeignete Strom-

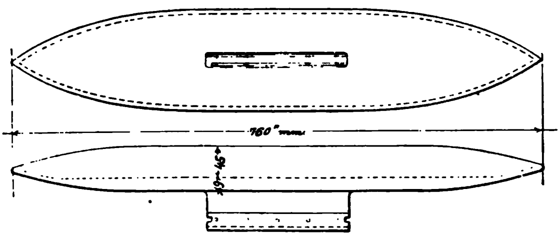


Fig. 142.

zuführungsanlage nötig. Hier durfte man nicht mit Fahrdrähten rechnen, sondern musste schwere Profileisen in die Luft hängen,

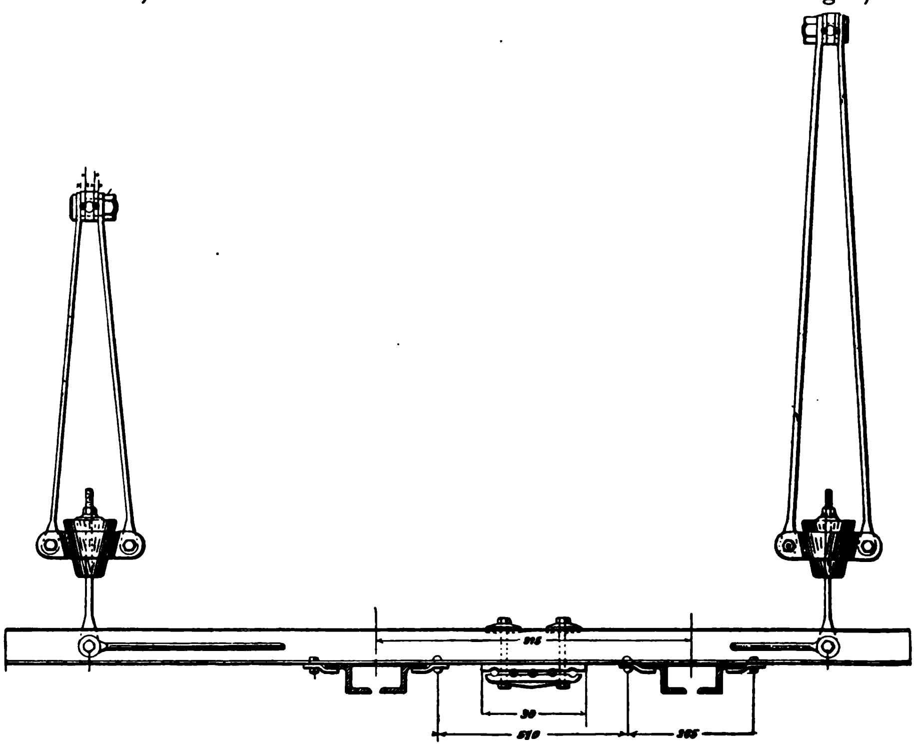


Fig. 143.

um in denselben breite Kontaktschuhe von der in Fig. 142 gezeichneten Form laufen lassen zu können.

Dieser Stromabnehmer hat etwa die Form eines Weberschiffchens. Er ist nicht federnd gegen die Oberleitung gepresst, wie die Rolle

üblicher Konstruktion, sondern läuft in dem Hohlraum, der von den Z-Schienen gebildet wird.

Die Oberleitung besteht aus zwei Z-Eisen, die gegen eine Deckplatte genietet sind, nach unten einen Schlitz für den Kontakt freilassend; sie wiegt rund 45 *kg-m* und ist in Abständen von etwa 5 *m* mittels Klammern an einem Querträger aus I-Eisen befestigt. Dieser Querträger trägt gleichzeitig auch die Oberleitung des Nachbargleises, und um seine Längendimensionen zu reduzieren und um im Tunnelgewölbe an Höhe zu gewinnen, wurden die Oberleitungen beider Gleise aus der Gleisachse heraus einander genähert. Ausserhalb des Tunnels sind die I-Träger in etwa 5 *m* Abstand an einer Gelenkstange aufgehängt, die ihrerseits in etwa 50 *m* Abstand

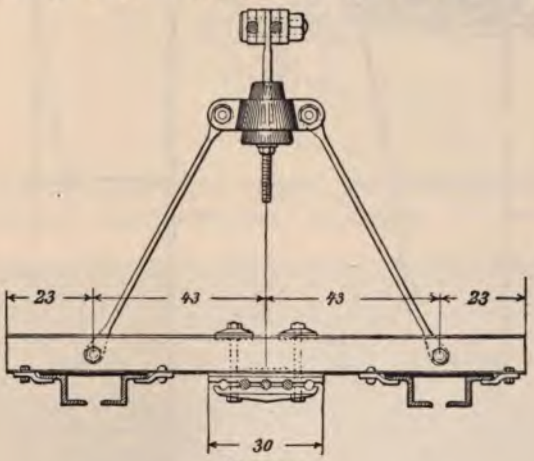


Fig. 144.

an Gitterträgern, die das Gleis überbrücken, aufgehängt sind. Die Strom führenden Z-Eisen haben eine Länge von rund 9 *m*, der elektrische Kontakt zwischen ihnen ist durch kupferne Verbindungen gesichert.

Der Querschnitt der beiden Z-Eisen-Stromleitungen ist nebst Aufhängung in der Geraden und in Kurven in Fig. 143—145 dargestellt und zeigt die Stromleitungsschienen und die an demselben Gestänge hängenden Speiseleitungen auf freier Strecke, während Fig. 149 dieselben in der Tunnelstrecke zeigt. Die schweren Eisenleitungen müssen natürlich auf sehr massiven Säulen und Hängewerken befestigt werden, von denen Fig. 145 ein schematisches Bild für die geraden Strecken und für die Kurven von der Seite gesehen zeigt. Fig. 147 und 148 zeigen photographische Darstellungen dieser Stromleitungen in der thatsächlich ausgeführten Form. Das für

Die äussere Form des Stromabnehmers ist die eines ausziehbaren Parallelogrammes, um dem Höhenunterschied der Leitung von 1,4 *m* inner- und ausserhalb des Tunnels Rechnung zu tragen.



Fig. 148.

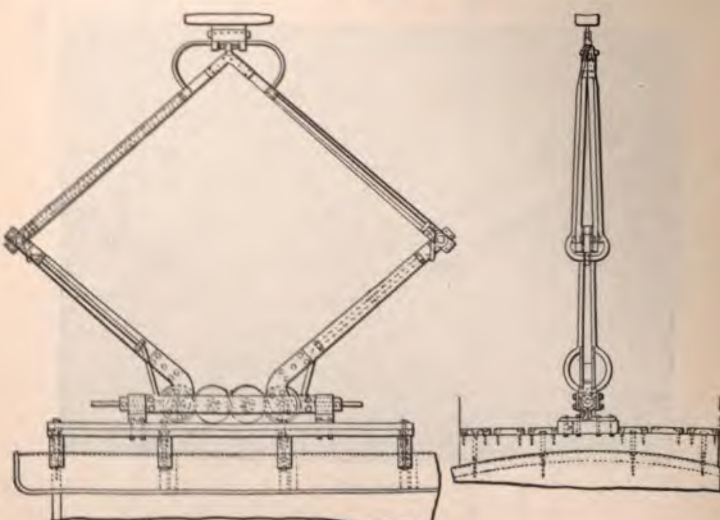


Fig. 149.

Die im Tunnel montierte Oberleitung, welche, der fortwährenden Einwirkung koksbrennender Personen-Zuglokomotiven ausgesetzt und durch Feuchtigkeit des Gewölbes beeinflusst ist, war immer auf

die Hälfte ihrer Ausdehnung nass und mit einer schmutzigen, schlüpfrigen Masse bedeckt. Die Folge davon war, dass die durch den Schlitten erfolgte Stromabnahme erschwert wurde und dadurch Feuern verursachte.

Durch Anwendung von Petroleum und besonderen »Kratzschlitten« wurde dann ein guter Stromschluss zwischen Leitung und Stromabnehmer erreicht, jedoch wurden der Vorsicht wegen die Lokomotiven mit zwei Stromabnehmern ausgerüstet. Die Behandlung mit Petroleum erfolgt ungefähr alle drei Wochen einmal und genügen dann auch ein oder zwei Fahrten mit dem erwähnten »Kratzschlitten«. Mit diesen Hilfsmitteln wird die Leitung so sauber erhalten, dass ein vorzüglicher Kontakt erreicht wird, was blanke Stellen und sich stetig verbreiternde Linien deutlich zeigen. Funkenbildung findet nur noch an den nassen Stellen statt.

Auf der Nantasket-Bahn wurde für die erste Probestrecke ebenfalls die bis dahin allein bewährte oberirdische Stromleitung gewählt und verwendete man dort, um möglichst grosse Berührungsflächen für die Stromüberführung zu haben, einen Draht von achtförmigem Querschnitt mit breiter unterer Fläche. Im übrigen bot diese Leitungsanlage den gewöhnlichen Strassenbahnzuführungen gegenüber kein besonderes Interesse.

2. Niveauleitungen.

Bei der Erweiterung der Nantasket-Bahn ging man bereits dazu über, eine dritte Stromzuführungsschiene zwischen die beiden Gleise zu verlegen, und ist diese Art der Stromleitung unter dem Namen Dreischienen-System bekannt geworden. Die in der Mitte zwischen den Gleisen und wenige Centimeter über Schienenoberkante liegende dritte Schiene ist durch Kupferdraht miteinander verbunden, und ähnelt die gesamte Anordnung nachstehend beschriebenem System. Die dritte Schiene ist nicht an den Schwellen innerhalb des Gleises befestigt, sondern auf Holzblöcke gelegt, welche neben den äusseren Schienen laufen. Die beiden Fahrschienen werden zur Leitung ausgenutzt.

Obgleich die dritte Schiene, welche den elektrischen Strom führt, frei liegt, kann doch ein Kurzschluss nur dann erfolgen, wenn diese dritte und eine der beiden Fahrschienen gleichzeitig berührt werden. Da aber die Gesellschaft sämtliche Stationen eingefriedigt und bei allen Übergängen Warnungssignale angebracht hat, in welchen vor der mit der Berührung der Geleise verbundenen Gefahr gewarnt wird, kann eine gleichzeitige Berührung kaum stattfinden.

Man hatte, ehe man diese Art der Stromleitung anwendete, vielfache Erwägungen und Berechnungen angestellt und fand schliesslich, dass man mittels schweren Profilen den elektrischen Strom für Bahnanlagen ohne erhebliche Kraftverluste weiterführen konnte, und dies mit einem Fünftel der Baukosten gegenüber der Kupferleitung. Von dieser Leitungsschiene nimmt ein flacher gusseiserner Schuh von 30 × 10 *cm* Flächenausdehnung, im Gewicht von 10 *kg* den Strom ab, indem derselbe auf der Stromleitungsschiene schleift. Von diesem Gleitschuh wird mittels eines Kupferseiles der Strom dem Wagen, bezw. dem Motor zugeführt.

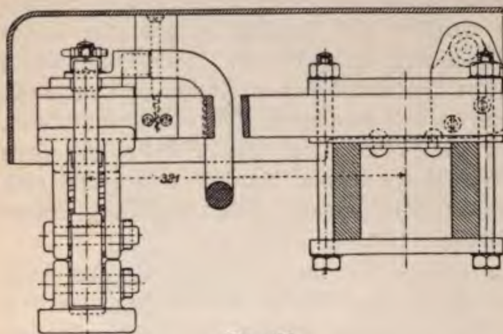


Fig. 150.

Zeitlich folgte dieser Anlage die Stromzuführung der Intramural-Railway der Chicagoer Weltausstellung vom Jahre 1893. Der auf dieser Bahn angewandte Stromabnehmer, welcher auf einer ebenfalls neben den Gleisen liegenden Stromleitungsschiene schleift, ist in Fig. 150 und 151 in beiden Ansichten dargestellt. Die ersichtliche Spiralfeder gleicht die Niveaudifferenzen zwischen Fahrschiene und Leitungsschiene aus und übt den für die Berührung und gute Stromleitung auf die Fahrschiene erforderlichen Druck aus. Dieser Kontaktschuh ist an einem aus dem Untergestell hervorragenden starken Holzbrett befestigt, welches mit einem Regendach geschützt ist, damit Tropfwasser einen schädlichen Stromübergang nicht begünstigen kann.

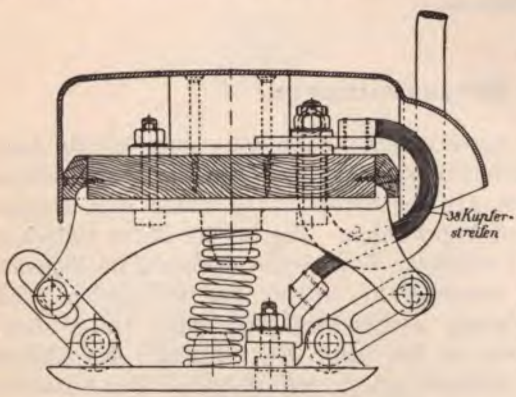


Fig. 151.

Der Unterbau bestand aus in Jochform zusammengefügten, mächtigen Holzpfosten, auf welchen vier eiserne I-Träger ruhten. Diese bildeten die Unterlage für hölzerne Querschwellen, auf denen die Gleise befestigt waren. Da die ganze Anlage nur während der

Dauer der Ausstellung benutzt werden sollte, so war man darauf bedacht, möglichst nur solches Material zu verwenden, das nachher ohne weiteres wieder für andere Zwecke benutzbar war. Aus diesem Grunde hat man für die Herstellung der Fahrleitung und Speiseleitung keine Kupferdrähte, sondern genau die gleichen Schienen, wie für das Gleis verwendet; dieselben liegen etwas überhöht auf isolierenden, sorgfältig imprägnierten Holzlangschwellen und sind an den Stössen leitend verbunden. Dementsprechend ist der Kontaktapparat ausgebildet. Die Gleise und auch die weiter oben erwähnten eisernen I-Träger werden zur Stromleitung ausgenutzt.

Eine weitere Anwendung des gleichen Stromleitungs- und Stromzuführungssystems finden wir alsdann bei der Metropolitan Chicagoer Hochbahn wieder.

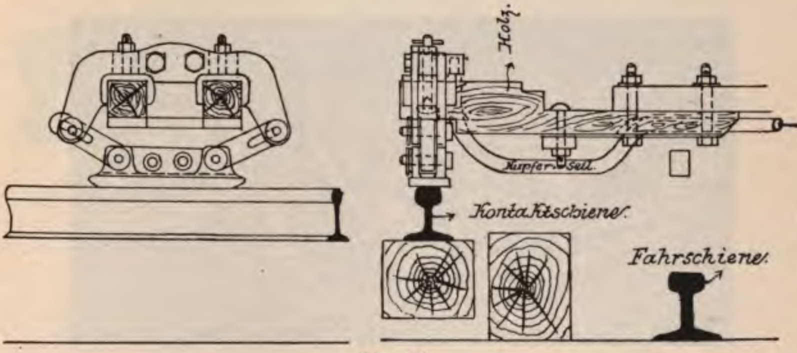


Fig. 152.

Die elektrische Stromleitung (Fig. 152) erfolgt hier wiederum durch eine, an einer Seite jedes Gleises angeordnete dritte Schiene von 22 *kg-m* Gewicht, welche 178 *mm* über Fahrschienen-Oberkante liegt und auf mit Paraffin getränkten Holzklötzen von 15 *cm* Quadratseite lagert. Die den Schleifkontakt bildenden Hartgussschuhe sind an den vier Ecken eines jeden Antriebwagens angeordnet, wie dies Fig. 153 zeigt.

Die Kontaktschuhe sind an hölzernen Querbalken befestigt, welche beiderseits aus dem Untergestell etwas herausragen. Jeder Kontaktschuh hängt lose mittels zweier, an einem Ende geschlitzter Gelenkglieder an einem Bügel. Durch einen biegsamen Kupferdraht erfolgt die elektrische Verbindung mit der Mitte des Schuhes. Die Aufhängung ist derart, dass der Kontaktschuh für gewöhnlich fest auf der Kontaktschiene aufliegt, dagegen bei Unregelmässigkeiten und Unebenheiten auf der Schiene in die Höhe gedrückt und von der Schiene abgehoben wird.

An den Weichen ist die dritte Schiene nach der Seite der Abzweigung hin fortgelassen, und durch eine, an der anderen Seite angeordnete Schiene ersetzt, sodass an dieser Stelle der auf der anderen Seite des Wagens liegende Gleitschuh den Kontakt herstellt. Beim An- und Ablauf der Kontaktschienen ist die Spitze derselben nach unten gebogen. Die Verbindung der Kontaktschienen erfolgt durch leichte Laschen und breite elastische Kupferstreifen von 4,7 *mm* Dicke und Schienenfussbreite. Die Zuleitung ist in Abschnitte zerlegt, deren jeder auf dem Schaltbrett der Kraftstation ausgeschaltet und kontrolliert werden kann. Vergl. auch Z. d. V. d. Ing. 1896, Heft 28, S. 775 ff., u. desgl. 1897, Heft 48, S. 1370.

Die Anordnung der für die New-Yorker-Hochbahn zur Anwendung gelangten Stromzuführung erfolgt auch durch die dritte

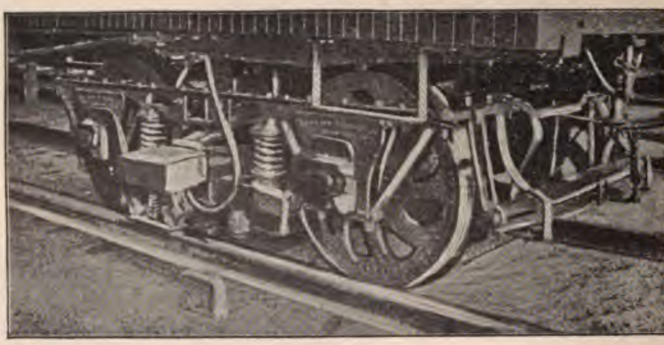


Fig. 153.

Schiene. Diese Schiene ist ebenfalls auf eine Seite des Geleises so gelegt worden, dass der Kopf höher steht, als die Fahrschienen, damit die am Untergestell befestigten Kontaktschuhe an den Weichen frei geführt werden können, ohne Kurzschluss mit den anderspoligen Fahrschienen hervorzurufen.

Die Anordnung der Kontaktschuhe am Wagen ist hier wieder so, dass, wenn bei Kreuzungen der vordere Kontaktschuh die stromführende Schiene verlassen hat, der hintere noch so lange aufliegt, bis dieser die stellenweise unterbrochene Leitungsschiene wieder gefasst hat, d. h. die für die Kreuzung nötige Unterbrechung der Kontaktschiene darf nicht länger sein, als die Entfernung zwischen dem ersten und letzten Kontaktschuh eines Wagens bezw. Zuges.

Auf der Pennsylvania-Bahn ist nach Fig. 154 die Anordnung zwischen Stromleiter und Stromabnehmer umgekehrt dem bisher beschriebenen System angeordnet. Die Stromleitungsschienen liegen höher und werden von oben durch einen Isolator gefasst, sodass

für die Berührung die untere Schienenkante frei liegt und durch den entsprechend ähnlichen Stromabnehmer von unten berührt wird. Die Leitungsschienen haben eine untere Breite von rund 12 *cm* und ein Gewicht von 50 *kg-m*. Der Kontaktschuh aus Bronze besitzt eine Berührungsfläche von etwa 1 *qcm* für 1 Ampere. Zwei solcher Schuhe sind an jedem Wagen bezw. je einer an jedem Drehgestell. An Kreuzungen und Weichen ist die Stromleitungsschiene ganz fortgelassen und durch eine isolierte Kabelleitung ersetzt. Die Stromzuführung zum Wagen wird indes durch diese unterbrochenen

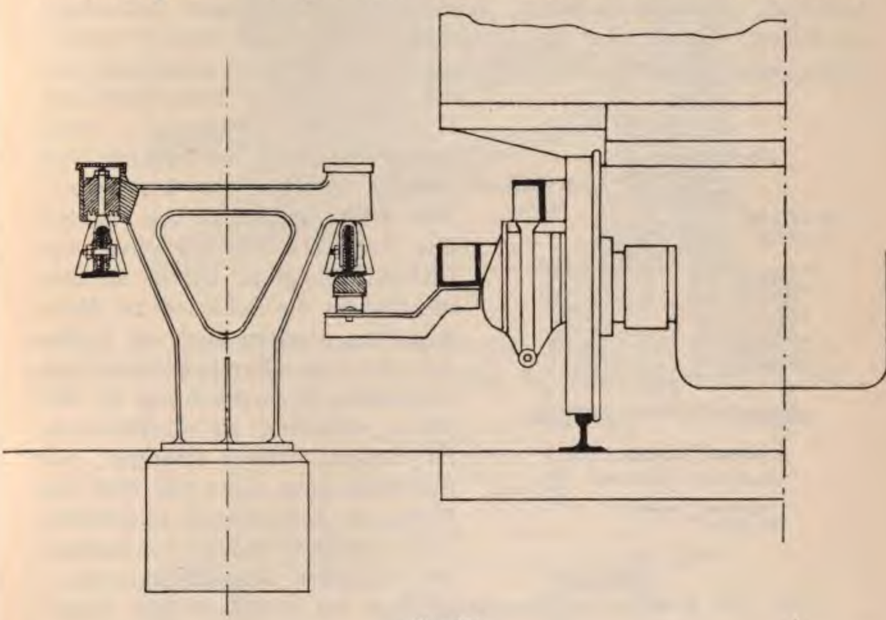


Fig. 154.

Leitungsstellen nicht beeinflusst, da der vordere Kontakt bereits angreift, wenn der hintere die Schiene verlässt.

Bei der im Umbau befindlichen Berliner Wannsee-Bahn ist eine, diesen genannten Anordnungen entsprechende Konstruktion gewählt worden. Auch hier wird die Stromleitung in Gestalt eines fortlaufenden Schienenstranges neben jedem Gleis geführt, der annähernd 1500 *mm* von der Gleismitte entfernt ist und 300 *mm* über Fahrschienenoberkante liegt. Alle 4—5 *m* ist der Schienenstrang auf Isolatoren gelagert, die ihre Unterstützung entweder auf den mit Schwellen verbundenen Sattelhölzern oder auf besonderen hölzernen Unterlagen finden. Gegen unbeabsichtigte Berührung ist die Stromleitung auch hier mit seitlichen Schutzbrettern eingefasst gedacht.

Die Abnahme des Stromes von der Fahrleitung erfolgt durch eiserne Gleitschuhe, welche an den mittleren Achsbuchsen der Motorwagen angebracht und sowohl in senkrechter als wagerechter Richtung ausreichend beweglich sind. Sie lassen vermöge ihrer Anordnung am ersten und letzten Wagen eine Unterbrechung des Zuleitungsstranges zu, wie solche durch Weichen, freie Bahnübergänge und Brücken bedingt wird, bis zu einer Länge von annähernd 100 *m*. Die Fahrschienen werden zur Leitung mitbenutzt.

Obgleich diese Anlagen den an sie gestellten Bedürfnissen entsprechen, erscheint es falsch, dieselben als massgebend betrachten zu wollen, da sie nur für bestimmte Bahnen und Betriebsverhältnisse gelten können. Die Stromleitung der Pennsylvania-Bahn und die der Wannsee-Bahn lässt sich z. B. nicht verwenden, wenn Rangierbahnhöfe mit elektrischem Betrieb versehen werden sollen. Man denke hierbei an den Verkehr des Bahnpersonals zwischen den Gleisen. Dieselben hätten alsdann nicht allein die Schienen zu überschreiten, sondern auch ein Geländer, das zum allermindesten höhere körperliche Beanspruchung für den Mann erfordert, zu überklettern. Es scheint daher richtiger, die Stromleitungen nicht viel über das Niveau der Fahrschienen zu erheben. Nach diesem Grundsatz hat man bei den folgenden Bahnen gehandelt.

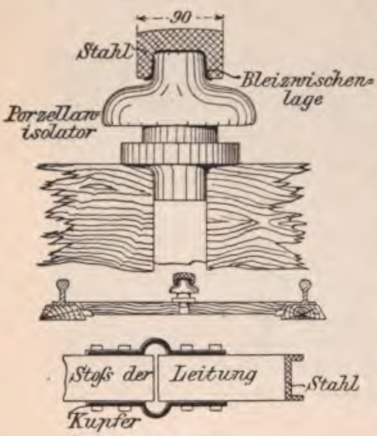


Fig. 155.

Bei der Liverpooler Hochbahn und bei der Londoner Untergrundbahn ist man von der seitlichen Anordnung der Kontaktschienen abgegangen, und erfolgt die Zuführung des Stromes zu den Wagenmotoren von dieser mitten im Gleis liegenden ⊓-förmigen stählernen Schiene von 25,8 *qcm* Querschnitt, deren Oberkante 22 *mm* über der Oberkante der Fahrschienen liegt. Sie wiegt 20 *kg-m* und ist in Fig. 155 dargestellt.

Die Hauptleitungsschiene, welche mit den Isolatoren in keiner Weise starr verbunden ist, wird von letzteren alle 2,3 *m* unterstützt; an den Stossstellen liegen die isolierenden Stützen jedoch nur 0,76 *m* voneinander entfernt. An diesen Stellen ist die elektrische Verbindung durch biegsame Kupferlaschen hergestellt. Die hölzernen Langschwellen bewirken die Isolierung der Fahrschienen von dem Unterbau. An den Stationen sind die letzteren leitend miteinander ver-

bunden. Die Fahrschienen wiegen 27,75 *kg-m*, bieten dem Strom also ungefähr 141,9 *qcm* Fläche dar. Auf jeder Station ist eine einfache Weichenverbindung eingelegt, in der die Hauptleitungs-

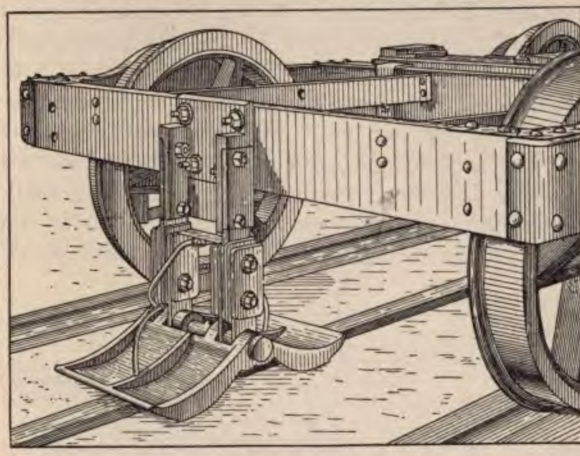


Fig. 156.

schiene im durchgehenden Streckengleis durch die eine der abzweigenden Weichenschienen und in der Abzweigung durch die eine

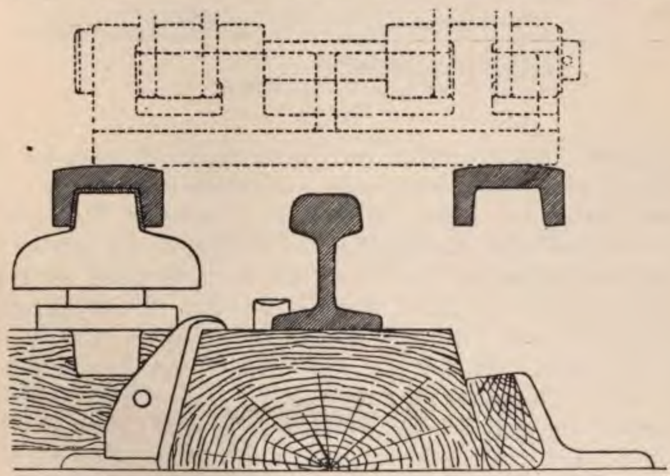


Fig. 157.

Schiene des Hauptgleises unterbrochen ist. Man hat an diesen beiden Durchbrechungsstellen die Leitungsschiene nach dem stumpfen Winkel schwach hakenförmig umgebogen. Die hakenförmigen Enden

folgen den Hauptschienen an jeder Seite des Kopfes auf einer kurzen Strecke in paralleler Richtung und sind unterhalb der Schiene in elektrische Verbindung gebracht. An dem Drehgestell des Wagens, welches die Elektromotoren trägt, hängt ein gusseiserner Gleitschuh, welcher den elektrischen Strom von der Hauptleitungsschiene abnimmt, wie dies Fig. 156 zeigt. Er besteht aus zwei klappenartig herunterhängenden Teilen, welche um einen senkrecht zur Bahnachse gerichteten Bolzen drehbar sind und auf der oberen Fläche der ⊓-förmigen Leitungsschiene gleiten. Der Gleitschuh ist so breit, (siehe Fig. 157), dass er, wenn er sich über einer Stelle befindet, wo die Leitungsschiene unterbrochen ist, auf den beiden umgebogenen Enden dieser Schiene wie eine Brücke ruht, ohne die Fahrschiene

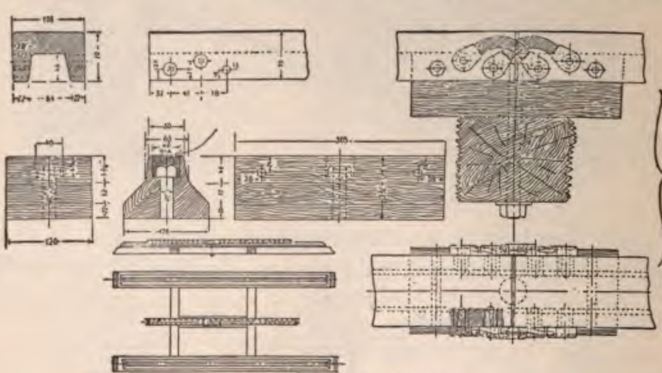


Fig. 158.

zu berühren. Auch werden auf diese Weise Stösse der Schuhe gegen die Enden der Leitungsschienen vermieden.

Die gleiche Anordnung ist bei der Londoner Untergrundbahn vorgesehen, und sind aus der Fig. 158 die Details der dritten Schiene und ihre Befestigung zu ersehen. Die dritte Schiene ist aus Stahl und wiegt rund 40 *kg* für 1 *m*. Sie ist mit rillenförmigem Querschnitt gewalzt und wird von einem mit Kreosot getränkten Holzisolator getragen, wie dies die Figur zeigt. An den Verbindungen werden keine Stosslaschen angewendet. Jeder Stoss wird durch zwei kurze, biegsame Schienenverbinder, Modell Chicago, elektrisch überbrückt. Die dritte Schiene wird rund 40 *mm* höher als die Laufschienen gelegt, um bei Kreuzungen Störungen zu vermeiden.

Die geschilderten Gleitkontakte sind aus dem Bestreben heraus entstanden, grosse Stromstärken funkenlos zu übertragen. Wenn es sich indes darum handelt, Bahnen mit hoher Geschwindigkeit mittels direkter Stromzuführung zu versehen, wobei ebenfalls grosse

Stromabnehme

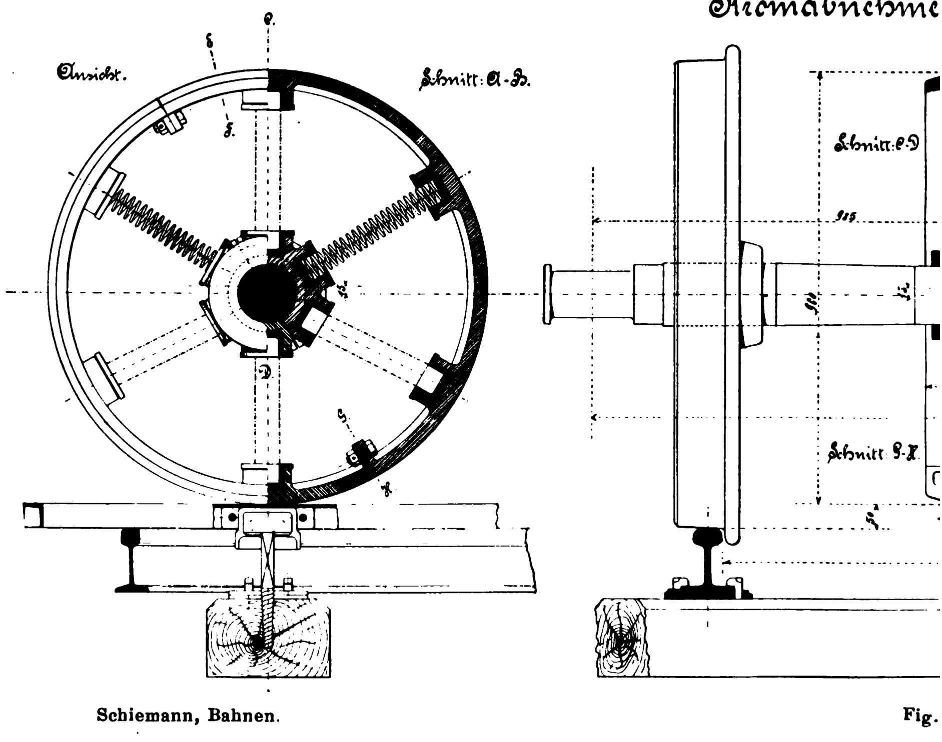
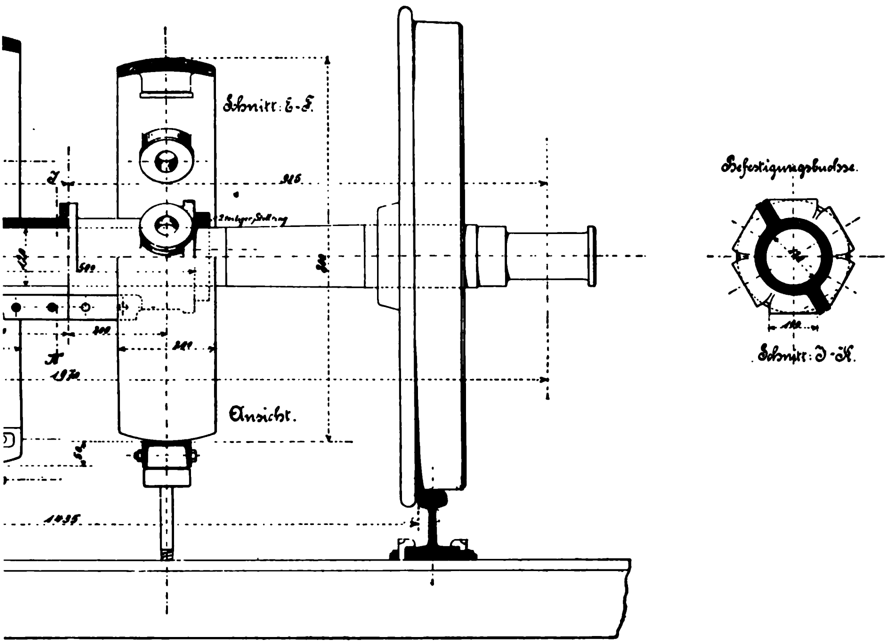


Fig.

elektrische Schnellbahnen.



Leipzig, Oskar Leiner.

Stromstärken zu übertragen sind, so muss man den Schleifkontakt wieder verlassen, weil infolge der vermehrten Reibungsarbeit ein Heisswerden der Berührungsfläche des Kontaktschuhes zu befürchten steht. Hier muss man entschieden wieder auf den Rollkontakt zurückgreifen und führte diese Betrachtung zu der Konstruktion des in Fig. 159 dargestellten Stromabnehmers. Hier ist die Stromleitungsschiene ebenfalls zwischen den Schienen gedacht, und zum Zwecke möglichst geringer Stromübergänge in Abschnitte eingeteilt, die nur immer dann vom Betriebsstrom durchflossen sein dürfen, wenn der Wagen über ihnen steht, oder sich in deren unmittelbaren Nähe befindet. Da anderseits der Rollkontakt eine geringere Berührungsfläche besitzt, die zwar spezifisch mit höherer Stromstärke belastet werden kann, weil sie sich fortwährend ändert und der Abkühlung unterworfen ist, und weil ausserdem neben der Stromarbeit keine Reibungsarbeit auftritt, müssen mehrere Kontakte angeordnet sein und ist gedacht, dass jede nicht von Motoren beanspruchte Achse mit einem derartigen Rollkontakt versehen wird. Das Wesentliche der hier geschilderten Konstruktion, welche unter dem Schutze des deutschen Reichspatentes No. 103452 steht, besteht darin, dass das Stromabnehmerrad befähigt sein muss, die Niveaudifferenzen zwischen Fahrschiene und Leitungsschiene auszugleichen, dass es ferner von der Wagenachse direkt seitlich geführt werden, und schliesslich jederzeit genügenden Druck auf die Kontaktschiene ausüben muss. Anderseits darf die vertikale Nachgiebigkeit bezw. Elastizität dieses Rades nicht so gross sein, dass beim Überfahren anderspoliger Leitungen und Fahrschienen ein Kurzschluss entstehen könnte. Die Höhendifferenzen zwischen Fahrschiene und Leitungsschiene dürfen nach den Normalien der Hauptbahnen in keinem Fall 10 *cm* überschreiten, welches Mass z. B. bei Anwendung von Drehstrom, wobei ausser den Fahrschienen zwei Leitungen unterzubringen sind, noch halbiert werden muss. Selbstverständlich ist hierbei auch, dass die Bandage von der Nabe isoliert sein muss, und dass der von der Bandage aufgenommene Strom durch Schleifring dem Motorkabel zugeführt wird. Beim Überfahren von Weichen und Kreuzungen bleibt das Rad in entsprechender Entfernung von anderspoligen Leitungen und kann vermöge der balligen Bandagenform seine entsprechende Leitungsschiene leicht und stossfrei verlassen und wieder erreichen. Es ist hierbei darauf zu achten, dass die Elastizität oder die Excentrizität des Rades stets kleiner ist, als die Niveaudifferenz zwischen den anderspoligen Leitungsschienen. Die beim Abrollen des Laufrades und des Stromabnehmerrades entstehenden Differenzen der Winkelgeschwindigkeiten beider Räder bei naturgemäss gleicher Umfangsgeschwindigkeit wird dadurch aus-

geglichen, dass die Stromabnehmerräder sich lose auf den Achsen drehen.

Nachdem die üblichen, und vielleicht in Zukunft hauptsächlich in Betracht kommenden Stromleitungs- und Kontakteinrichtungen beschrieben sind, erübrigt es noch, kurz zu erwähnen, warum die bei Strassenbahnen üblichen oberirdischen Stromleitungen auf Vollbahnen nicht übertragbar sind. Die Unterhaltung oberirdischer Fahrdrahtnetze ist unmöglich, wenn es sich um Bahnen mit häufiger Zugfolge auf eigenem Bahnkörper handelt, und wenn auf diesen Bahnen Tag- und Nachtbetrieb durchgeführt wird, wie dies bei allen Fernbahnen der Fall sein wird. Die Unterhaltung der Stromleitung, welche sich immer nur durch Gerüstwagen bewerkstelligen lässt, ist hier durch die Lage der Schienen erschwert, oder unmöglich gemacht. Der Revisionswagen müsste mit Spurrädern versehen sein und könnte nur zwischen zwei Stationen in den Zugintervallen verkehren. Ein Ausschwenken des Montagewagens, wie dies auf der Strasse möglich ist, kann hier nicht in Betracht kommen. Es sind also die Niveau-Stromzuführungen die einzigen Stromleitungen, welche neben dem Akkumulatorenbetrieb für Hauptbahnen in Betracht kommen können.

XV.

Betriebsmittel-Beleuchtung.

Das stets wachsende Verkehrsbedürfnis und das daraus entspringende Verlangen, auch auf Reisen die gewohnte Bequemlichkeit nicht ganz entbehren zu müssen, hat auf eine immer bessere Beleuchtung der Züge der Vollbahnen und der Strassenbahnwagen gedrängt.

Im Jahre 1836 wurde die erste Beleuchtung des Wageninnern auf der Strecke Leipzig—Dresden durch Kerzen eingeführt, was damals als ein bedeutender Fortschritt angesehen wurde. Später ging man zur Beleuchtung durch Petroleum und durch Gas über und es gebührt Deutschland der Ruhm, in der Entwickelung der Zugbeleuchtung, besonders durch Ölgas, bahnbrechend gewesen zu sein.

In neuester Zeit ist neben der Acetylenbeleuchtung auch die elektrische Zugbeleuchtung bei Dampfbahnen in ein derartiges Stadium getreten, dass diese letztere als ernstlicher Rivale, selbst der Gasbeleuchtung, auftreten kann.

Die ersten Versuche elektrischer Zugbeleuchtung mit dem Faure-Akkumulator wurden, wie Dr. Büttner berichtet, schon im Jahre 1881 auf der London—Brighton-Railway durch Beleuchtung einzelner Wagen und auch von einigen anderen englischen Bahnen angestellt. Der Erfolg konnte, dem damaligen Stande der Akkumulatorentechnik entsprechend, nur ein ungünstiger sein. Angesichts der grossen Vorteile jedoch, welche die elektrische Beleuchtung gegenüber allen anderen Systemen bietet, versuchte man in England auf anderem Wege eine solche zu erreichen.

Hauptsächlich bewegten sich diese Versuche in der Richtung, dass die Bewegung des Zuges zur Lichterzeugung selbst nutzbar gemacht wurde, indem man eine Dynamomaschine in einem Gepäckwagen des Zuges von der Wagenachse antreiben liess. Natürlich waren auch hier Akkumulatoren, wenn auch in geringerem Umfange auf jeden Fall nötig, um während des Stillstandes des Zuges oder bei langsamer Fahrt desselben Beleuchtung zu haben.

Es entstanden nacheinander die Systeme der Great-Northern-Railway, der Midland-Railway, der London—Brighton- und South-Coast-Railway und einiger anderer englischer Bahnen. Noch jetzt hat die London—Brighton-Railway im ganzen 410 Wagen, die Great-Northern-Railway 100 Wagen elektrisch beleuchtet. Es ist jedoch ziemlich feststehend, dass eine weitere Einführung dieser Systeme in England nun nicht mehr erfolgen wird.

Wenn auch die Kraftkosten auf diese Weise sich ausserordentlich billig stellen, so wird dieser Vorteil weit aufgewogen durch die Kompliziertheit der Mechanismen, welche notwendig sind, um die Beleuchtung zu regeln und die Batterien oder Maschinen in den Stromkreis selbstthätig ein- oder auszuschalten, da von einer derartigen Anlage natürlich verlangt wird, dass die Beleuchtung unabhängig von der Richtung und Geschwindigkeit des Zuges ist.

Auch die Akkumulatoren konnten sich bei den ziemlich hohen Anforderungen in Bezug auf Ladung und Entladung nicht gut bewähren. Da die Kraftquelle sich nur in einem Wagen des Zuges befand, konnten diese Systeme auch nur bei solchen Zügen Verwendung finden, welche entweder dauernd zusammengekuppelt sind oder nur selten getrennt werden. Bei der Midland-Railway hatte jeder Wagen noch seine besondere Batterie, welche jedoch nur für einige Stunden ausreichend war. Besonders die Voraussetzung geschlossener Züge nebst dem unbefriedigenden Funktionieren der Batterien hat schliesslich die Midland-Railway bewogen, von der elektrischen Beleuchtung abzugehen und Fettgas-Beleuchtung einzuführen. Für die anderen genannten Bahnen dürfte die gleiche Ursache wohl massgebend gewesen sein, von einer weiteren Einführung der elektrischen Beleuchtung abzusehen.

Auch in Deutschland hat man mit derartigen Systemen Versuche gemacht, so im Jahre 1886 auf der Strecke Frankfurt-Fulda nach Entwürfen von Löbbecke & Oesterreich, sowie auf der württembergischen Staatsbahn nach einem Entwurf von Professor Dietrich, doch sind diese Anlagen nur kurze Zeit in Betrieb gewesen. Für unsere deutschen Bahnen und auch wohl für die meisten grösseren Bahnnetze erscheint ein derartiges Beleuchtungssystem unzweckmässig, da dasselbe mehr oder weniger geschlossene Züge voraussetzt, während die Betriebsverhältnisse Selbständigkeit der Beleuchtung jedes einzelnen Wagens fordern.

Bei dem grossen Misstrauen, welches man in England infolge der vielen ungünstigen Erfahrungen dem Akkumulator im allgemeinen und dem für die Zugbeleuchtung im besonderen entgegenbrachte, ist auch später Einzelwagen-Beleuchtung lediglich mit Akkumulatoren nicht in Verwendung gekommen. Dahingegen ist die Firma J. Stone

& Co., London-Deptford mit einer Konstruktion hervorgetreten, welche die Beleuchtung einzelner Wagen nach einem ähnlichen System, wie das der Midland-Railway für geschlossene Züge, bewirkt.

Das wesentliche des Systems ist folgendes: Die Dynamomaschine ist an einem Ende des Wagens am Untergestell federnd aufgehängt, vollständig von gusseisernem Gehäuse umgeben, und wird mittels eines Treibriemens von der Wagenachse getrieben. Überschreitet die Geschwindigkeit des Zuges eine gewisse Grenze, so fängt der Riemen an zu gleiten, wodurch verhindert wird, dass die Umdrehungszahl und damit die Spannung der Maschine steigt. Die Reguliervorrichtung schaltet Maschine und Batterie aus oder ein, je nach der Geschwindigkeit des Zuges.

Dieses System wurde zuerst auf der London—Tilbury—South-End-Railway ausprobiert und sind die Versuche zur Zufriedenheit ausgefallen, sodass jetzt 400 Wagen dieser Bahn teils ausgerüstet sind, teils noch ausgerüstet werden. Die günstigen Erfolge haben in rascher Folge nicht weniger als 16 englische Verwaltungen veranlasst, gleichfalls Versuche mit diesem System anzustellen, sodass Ende 1896 ca. 1500 Wagen teils ausgerüstet, teils noch in Ausrüstung begriffen waren. Das grosse Interesse, welches die englischen Bahnen, trotz vieler Misserfolge gerade in diesem Lande, dem elektrischen System immer noch entgegenbringen, zeugt am besten, dass man in diesem System die Beleuchtung der Zukunft erblickt.

Eine ähnliche Ausbildung der Einzelwagen-Beleuchtung vermittelst Akkumulatoren, die von einer durch die Wagenachse angetriebenen Dynamomaschine geladen werden, ist durch Ingenieur E. Dick in Karlsruhe, in Verbindung mit der Akkumulatorenfabrik Wüste & Rupprecht in Baden und Wien, auf der Linie Wien—St. Pölten in einem Lokalzuge von zwölf Personenwagen zur probeweisen Anwendung gekommen. Über dieses System, welches sich durch Betriebssicherheit, gute Regulierung, einfache Bedienung, geringes Anlagekapital und geringe Betriebskosten bei konstanter Spannung des Betriebsstromes auszeichnet, ist in der ETZ 1898, Heft 17, eingehend berichtet worden.

Jeder Wagen ist hier mit einer Batterie ausgerüstet. Die Batterien sind in bekannter Weise am Untergestelle in einem Behälter eingeschlossen und werden nur bei etwaiger Revision der Zellen geöffnet. Die Ladung der Akkumulatoren erfolgt während der Fahrt mittels einer einzigen Dynamomaschine, welche an irgend einem Wagen in derselben Art aufgehängt ist wie ein Strassenbahnmotor.

Die Ladung der Batterien erfolgt am Tage, während Nachts bei eingeschalteten Lampen die Dynamomaschine grösstenteils allein die

Speisung der Lampen übernimmt; daher ist die Ladung in kurzer Zeit beendet und die Kapazität der Batterien kann eine verhältnismässig geringe sein. Nur in der Zeit, in welcher der Zug eine Geschwindigkeit, kleiner als 25 *km*-Std. besitzt, wie auch bei Stillstand, erfolgt die Speisung der Glühlampen von den Batterien allein. Ist die Zuggeschwindigkeit grösser als 25 *km*, dann deckt die Dynamomaschine grösstenteils den Strombedarf der Lampen.

Um nun den einzelnen Batterien den Maschinenstrom zuzuführen, durchzieht alle Wagen eine gemeinschaftliche Hauptleitung, bestehend aus zwei gut isolierten Kabeln von kräftigem Querschnitt, an welche die Batterien unter Zwischenschaltung von Sicherungen parallel angeschaltet sind. Zur Verbindung der Hauptleitung an den Wagenenden dienen leicht lösbare flexible Kuppelungen.

Damit die Dynamo sowohl für Schnellzüge mit einer kleinen Anzahl Wagen, als auch für die längeren Personenzüge ausreicht, wurde als Normalie nur eine einzige Konstruktion entsprechend der grössten Belastung zu Grunde gelegt. Die effektive, maximale Leistung, welche die Dynamomaschine absorbiert, variiert in den Grenzen von 6—12 PS. Da die Regulierung der Klemmenspannung, sowie der Stromstärke der Dynamo nur durch Veränderung der Erregung geschieht, so bot vor allem die Konstruktion wie die Dimensionierung der einzelnen Teile grosse Schwierigkeiten. Diese bestanden hauptsächlich darin, dass die Maschine zwischen den Grenzen von 25—80 *km*-Std. nicht allein dieselbe Spannung an den Klemmen aufweisen, sondern auch funkenfrei arbeiten muss.

Die Dynamomaschine ist einerseits an der Wagenachse gelagert, anderseits am Wagenuntergestell mittels Gummipuffer federnd aufgehängt. Der Antrieb der Dynamo geschieht durch einfache Zahnradübersetzung im Verhältnis 1 : 4 von der Wagenachse aus.

Bei einem Radreifendurchmesser von 1000 *mm* und einer Zuggeschwindigkeit von 25 *km*-Std. ergiebt sich eine Anker-Umdrehungszahl von 530 in der Minute, die höchste Umdrehungszahl bei 80 *km*-Std. beträgt, ohne das Gleiten der Räder auf den Schienen in Betracht zu ziehen, rund 1700 Umdrehungen in der Minute.

Da die Erregung der Maschine bei Stillstand des Zuges von den parallel geschalteten Batterien aus erfolgt, so musste ein Apparat zur Verwendung gelangen, welcher die Herstellung der richtigen Verbindungen der Dynamo mit den Batterien entsprechend der Fahrtrichtung besorgt. Dieser automatische Kommutator besteht im wesentlichen aus einer Wippe, welche mit drei doppelarmigen Kontakthebeln versehen ist. Diese drei Hebel sind miteinander starr verbunden, jedoch voneinander isoliert und drehbar gelagert, um bei Stillstand des Zuges einen grossen Widerstand in die Erregerleitung ein-

zuschalten, d. h. um den Wattverlust auf ein Minimum zu reduzieren. Neben der Wippe befindet sich ein Elektromagnet, zwischen dessen Polschuhen ein Lochanker drehbar angeordnet ist; die Wickelung des Lochankers ist in den Löchern in parallelen Ebenen untergebracht und der Anker selbst ist aus massivem, weichem Eisen hergestellt. Der Elektromagnet wird nun durch den Akkumulatorenstrom beständig erregt, während der Lochanker nur dann Strom empfängt, wenn die Maschine in Betrieb gesetzt wird, und so erhält man je nach der Spannung trotz der geringen Erregung des Magnetfeldes am Lochanker ein Drehmoment, durch welches derselbe entsprechend der Stromrichtung die Kommutierung bewirkt; in der Ruhelage stellen die drei Hebel weder auf der einen noch auf der anderen Seite Verbindung her. Diese Lage wird durch ein schweres Regulierungsgewicht hervorgerufen. Der Apparat ist ziemlich starken Erschütterungen unterworfen und deshalb sind alle Teile äusserst solide ausgeführt. Um die Zu- und Abschaltung nach erfolgter Herstellung richtiger Verbindungen im gegebenen Momente zu bewirken, musste ein automatischer Ein- und Ausschalter zur Verwendung gelangen. Dieser Apparat tritt deshalb erst dann in Thätigkeit, wenn die Klemmenspannung der Dynamo in unserem Falle eine Höhe von rd. 120 Volt erreicht hat.

Das Prinzip des Apparates ist aus dem Schaltungschema Fig. 160 bei E ersichtlich. Ein Balancier trägt an beiden Enden je einen Eisenkern. Während der rechte Stab mit einem regulierbaren Gegengewicht versehen ist und dieses zugleich den Weg der Bewegung begrenzt, besitzt der linke Stab eine Kontaktgabel, mittels welcher die Verbindung der Dynamo mit den Batterien hergestellt wird. Die Eisenkerne tauchen in Solenoide ein, die ihrerseits mit je drei voneinander unabhängigen Wickelungen versehen sind. Die innerste und mittlere Wickelung besteht aus dünnem Drahte; erstere ist an die Hauptleitung bezw. an die parallel geschalteten Batterien, letztere an die Maschine angeschlossen. Die äusserste Wickelung der Spule ist aus dickem Drahte hergestellt.

Die innerste Wickelung hat nun den Zweck, die Eisenkerne zu polarisieren und zwar derart, dass beständig dieselben Magnetpole an beiden Eisenkernen vorhanden sind; die mittlere Wickelung bewirkt die Zu- und Abschaltung der Maschine an die Hauptleitung, vorausgesetzt, dass der Kommutator richtig funktioniert hat, denn in diesem Falle unterstützen die magnetisierenden Kräfte der beiden Wickelungen einander.

Sollte jedoch der Fall eintreten, dass der automatische Kommutator aus irgend einer Ursache stecken geblieben ist und es hätte sich die Fahrrichtung des Zuges geändert, so würden die Ampere-

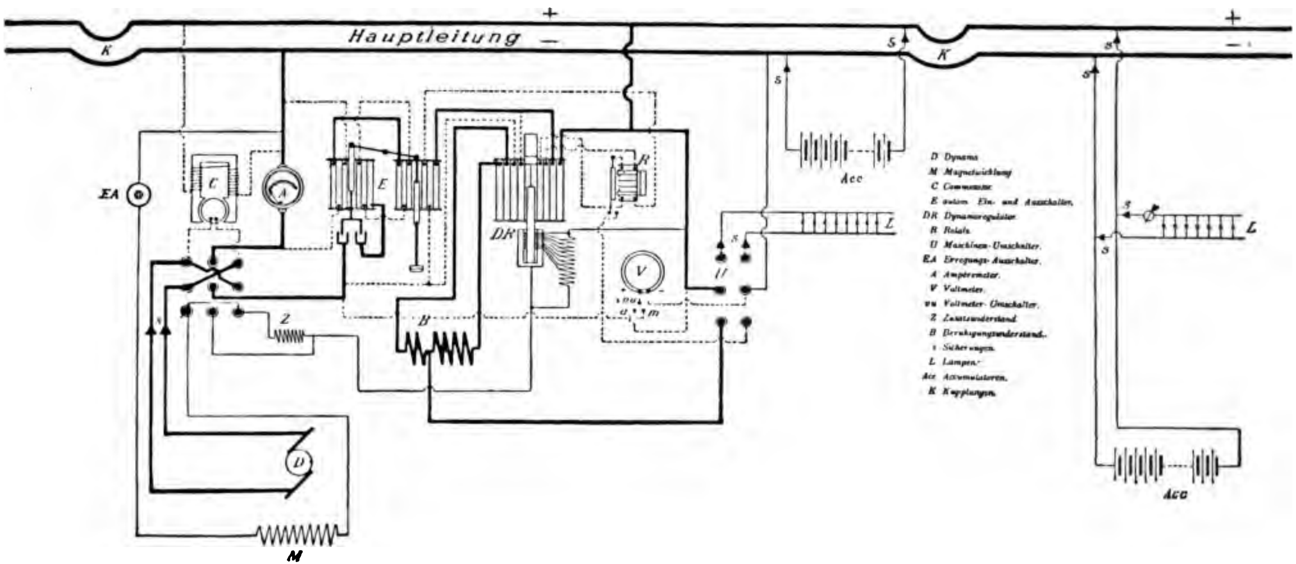

Hauptleitung
+
−
K
EA
C
A
E
DR
R
V
U
Z
B
D
M
Acc
L
s
D Dynamo
M Magnetwicklung
C Commutator
E autom. Ein- und Ausschalter.
DR Dynamoregulator
R Relais
U Maschinen-Umschalter.
EA Erregungs-Ausschalter.
A Ampèremeter.
V Voltmeter.
vu Voltmeter-Umschalter.
Z Zusatzwiderstand
B Beruhigungswiderstand.
s Sicherungen.
L Lampen.
Acc Accumulatoren.
K Kupplungen.

Fig. 160.

windungen der mittleren Wickelung den Amperewindungen der inneren entgegenwirken; weil die Anziehungskraft auf die Kontaktvorrichtung nun kleiner geworden ist, als wenn nur die innerste Wickelung allein auf die Eisenkerne einwirken würde, so kann somit unter keinen Umständen eine Zuschaltung der Maschine an die Batterien erfolgen. Sobald die Maschine durch die Kontaktvorrichtung an die Batterien angeschlossen ist, durchfliesst im gleichen Momente der Hauptstrom der Maschine die äusserste Wickelung, die Anziehungskraft wird nun um so stärker, je grösser die von der Maschine abgegebene Stromstärke ist. In ähnlicher Weise wie die Zuschaltung, erfolgt auch die Abschaltung der Maschine von den Batterien; ist die Spannung der Dynamo kleiner als rund 120 Volt, so ist auch die Anziehungskraft der mittleren Spule kleiner geworden, im weiteren sinkt zu gleicher Zeit die Stromstärke der Maschine auf Null herunter, um unter Umständen den entgegengesetzten Wert anzunehmen; der dabei auftretende Rückstrom in die Maschine, welcher ja nur einen Moment andauern kann, sichert ein sicheres Abschalten der Maschine. Da die Kontaktgabel in zwei Quecksilbergefässe eintaucht, so bietet die Frage einer eventuellen Funkenbildung einiges Interesse. Bei dem Versuchszuge Wien—St. Pölten hat sich ergeben, dass bei der Abschaltung absolut keine Funken an der Unterbrechungsstelle auftreten, während im Momente der Zuschaltung nur ein kurzes Zischen auftritt. Indem die Grösse der Funkenbildung von der an der Unterbrechungsstelle herrschenden Spannung abhängig ist und diese mit Hilfe des regulierbaren Gegengewichtes auf ein Minimum heruntergedrückt werden kann, so haben sich in der That während des fünfmonatlichen Betriebes die Quecksilberkontakte ausgezeichnet bewährt.

Bei dem neuen Systeme bezweckt der Dynamoregulator die selbstthätige Veränderung des Widerstandes der Magnetwickelung und zwar ist dieser Regulator direkt abhängig von der Stromabgabe wie auch von der Spannung der Maschine. Ein Eisenkern befindet sich in einem Solenoid und wird entsprechend den auf ihn wirkenden Amperewindungen in verschiedenen Lagen gehalten. Mit dem unteren Ende taucht der Kern in ein Gefäss ein, welches mit Quecksilber gefüllt ist. Das Gefäss besteht aus übereinander gelagerten durchlochten Eisenscheiben, die jedoch unter Zwischenschaltung von Glimmerscheiben voneinander isoliert und fest zusammengepresst sind; jede Scheibe ist mit einem Ableitungskabel versehen, welches nach dem zugehörenden Elemente des Regulierwiderstandes führt. Am oberen Ende ist der Eisenkern mit einem Kolben versehen, der in einer dicht abgeschlossenen Hülse gleiten kann und lediglich nur zur Abdämpfung allzu heftiger Bewegungen des Eisenkerns dient.

Der Eisenkern wird von vier Wickelungen beeinflusst, und zwar bestehen die beiden inneren Wickelungen aus dünnem Drahte, die beiden äusseren aus dickem Drahte; alle Wickelungen unterstützen einander.

Die erste Wickelung ist der an der Dynamomaschine jeweilen herrschenden Spannung unterworfen, die zweite Wickelung tritt nur bei beendeter Ladung in Kraft, die dritte wirkt während der Ladung, und die dritte und vierte Wickelung gemeinschaftlich während der Stromabgabe der Dynamo an die Lampen. Die Anordnung der Wickelungen ist aus dem Schaltungsschema bei DR leicht ersichtlich.

Von ebenso grosser Bedeutung, wie die bis jetzt besprochenen Apparate, ist das Relais; demselben fällt die Aufgabe zu, bei beendeter Ladung eine Verminderung der Dynamospannung indirekt zu bewirken. Im wesentlichen besteht der Apparat aus einem Hufeisen-Elektromagneten, wobei auf jedem Schenkel eine Magnetisierungsspule sitzt. Sobald die Zellenspannung rund 2,5 Volt erreicht hat, wird der Anker durch die Einwirkung der unteren Magnetspule angezogen, im gleichen Moment wird ein Kontakt hergestellt, wodurch die obere Spule auch Strom empfängt; mit Hilfe einer Regulierfeder kann der Apparat leicht eingestellt werden. Das Relais tritt nur bei beendeter Ladung in Thätigkeit, während dasselbe bei der Stromabgabe der Dynamo an die Lampen abgeschaltet ist. Beim Versuchszuge sind alle Wagen mit je einer Batterie zu 57 Elementen für eine maximale Ladestromstärke von 3 Ampere ausgerüstet; die Kapazität von 25 Ampere-Stunden reicht aus, um die im Wagen befindlichen Lampen während acht Stunden speisen zu können, wobei der Wagen vom Zuge abgekuppelt sein kann. Die Batterie ist am Untergestelle des Wagens in bekannter Art angebracht und zwar in einem Holzkasten, welcher versperrbar ist. Der Kasten ist mit Öffnungen versehen, um den bei vollendeter Ladung auftretenden Gasen freien Abzug zu ermöglichen; endlich sind die Behälter innen und aussen mit zweckentsprechendem Anstriche versehen. Um noch einiges bezüglich der Installation in den einzelnen Wagen zu erwähnen, genügt es, für die Art der Anordnung der Sicherungen mit den Batterien und Lampen auf das Schaltungsschema zu verweisen; die rechte Seite zeigt die Anordnung der Leitungen in allen Wagen, ausgenommen natürlich im Generatorwagen. Wie ersichtlich, ist die Installation eine äusserst einfache, jedoch muss besonders hervorgehoben werden, dass bei einem eventuellen Kurzschluss an der Hauptleitung die Lampen in jedem einzelnen Wagen dennoch weiter mit Strom von der im Wagen befindlichen Batterie versorgt werden. Für jeden Wagen wurden durchschnittlich sieben Stück Lampen von je 8,5 HK für eine Spannung von 112 Volt montiert. Alle Lampen sind an der Wagendecke angebracht,

ebenfalls befinden sich auf den Plattformen Lampen von je 5 HK; mittels eines Ausschalters, welcher sich an einem Ende des Wagens in einem verschliessbaren Kasten befindet, ist es dem Schaffner möglich, alle Lampen auf einmal ein- bezw. abschalten zu können.

Bei Stillstand des Zuges cirkuliert ein schwacher Strom von den parallel geschalteten Batterien nach der Erregerwickelung der Dynamomaschine und zwar von der negativen Hauptleitung durch die Magnetwickelung M und den Zusatzwiderstand Z nach der positiven Hauptleitung zurück; der Ausschalter EA hat den Zweck, bei anhaltendem Stillstande des Zuges während einiger Tage die Erregerleitung zu unterbrechen. Im weiteren geht der Strom durch die innerste Wickelung des automatischen Ein- und Ausschalters E, der unteren Spule des Relais R und der innersten Wickelung des Dynamo-Regulators DR, auch könnte die Magnetwickelung des Kommutators C in Serie mit den eben angeführten Wickelungen geschaltet sein. In der Ladestellung befinden sich die beiden Hebel des Umschalters U in der unteren Lage; in der Lichtstellung aber sind dieselben in der oberen Lage, wodurch Verbindung mit den Glühlampen im Generatorwagen hergestellt wird; der Konduktor bringt somit ohne weiteres durch Umklappen der Hebel am Umschalter U die Lade- und Lichtstellung hervor. Um sich jederzeit über den Stand der momentanen Leistung der Maschine zu orientieren, ist es durch die vorhandenen Messinstrumente möglich, Stromstärke wie Spannung an der Maschine, wie an der Hauptleitung ablesen zu können. Im folgenden soll zuerst die Wirkungsweise der Schaltung während der Ladung besprochen werden.

Sobald der Zug und demzufolge die Armatur der Dynamo in Bewegung versetzt wird, herrscht durch das vorhandene, schwache Feld der Dynamo eine Spannung an den Bürsten, welche der Tourenzahl und der Erregung entspricht; die Lochankerwickelung des Kommutators C durchfliesst nun ein Strom, wodurch die mit dem Anker direkt verbundenen drei Kontakthebel der Stromrichtung gemäss entweder nach der einen oder anderen Seite bewegt werden, um die richtigen Verbindungen der Maschine mit den Batterien herzustellen. Zu gleicher Zeit wird der Zusatzwiderstand Z kurzgeschlossen, worauf die Magnetwickelung M der vollen Spannung der Batterien ausgesetzt wird. Nachdem der Kommutator funktioniert hat, empfängt die mittlere Spule des Apparates E Strom und hat die Zuggeschwindigkeit die kritische Grenze von ca. 25 *km* i. d. Stunde erreicht, dann ist die Klemmenspannung der Maschine ein wenig grösser, als die der Batterien, der Apparat E ist nun so eingestellt, dass in diesem Momente die Zuschaltung der Maschine auf die Hauptleitung erfolgt.

Nimmt man an, es steige fortwährend die Zuggeschwindigkeit, so ist klar, dass die an die Batterien abgegebene Stromstärke sich vergrössert und zwar bis zu einer bestimmten, maximalen Grenze; der Ladestrom umfliesst dementsprechend die äusserste Wickelung des Apparates E, wodurch die Kontaktgabel infolge vergrösserter Amperewindungszahl um so energischer in der Einschaltestellung verharren muss. Mit der eben erwähnten Wickelung ist die dritte Wickelung des Dynamoregulators DR und der eine Teil des Beruhigungswiderstandes B in Serie geschaltet, während die vierte Wickelung mit dem anderen Teile des Widerstandes B durch den Umschalter U kurzgeschlossen ist; dieser Widerstand ist so dimensioniert, dass derselbe bei Durchgang der maximalen Stromstärke rund 10 Volt absorbiert. Der Stromstoss, welche reventuell im Augenblicke der Einschaltung eine Rückwirkung auf die Lager und Zahnradübersetzung der Maschine ausüben könnte, wird daher durch die Verwendung des Widerstandes B erheblich geschwächt.

Bezüglich der Regulierung der Ladestromstärke muss bemerkt werden, dass infolge der kombinierten Einwirkung der innersten Wickelung, wie der dritten Wickelung auf den Eisenkern des Dynamoregulators die Stromstärke in jeder Zelle nie die zulässige Höhe übersteigt und die Ladestromstärke nur ein wenig mit zunehmender Zuggeschwindigkeit zunimmt, trotzdem die Anker-Umdrehungszahl in den Grenzen von 500—1700 i. d. Minute veränderlich ist.

Interesse bietet noch die Wirkungsweise der Apparate bei beendeter Ladung. Da die Zellenspannung den Wert von 2,5—2,6 Volt nicht übersteigen darf, so wird bei Eintritt dieser Spannung der Anker des Relais R angezogen und zwar aus dem Grunde, weil die Anziehungskraft der unteren Spule mit steigender Spannung an der Hauptleitung die Gegenkraft der Feder überwiegt. Nachdem die Kontaktfeder mit dem zugehörenden Stift in Berührung gekommen ist, wird auch die zweite Wickelung des Dynamoregulators der Klemmenspannung der Maschine ausgesetzt; der Eisenkern nimmt demzufolge eine relative höhere Lage ein, daher wird der Erregerstrom der Maschine geschwächt, die Ladestromstärke sinkt auf Null und die Spannung geht von 2,5 Volt auf etwa 2 Volt in jeder Zelle zurück. Um ein beständiges Vibrieren des Ankers zu vermeiden, was ja durch die reduzierte Spannung hervorgerufen würde, besitzt das Relais die zweite obere Spule, diese unterstützt die Wirkung der unteren. Eine Abschaltung der Maschine findet demnach erst dann statt, wenn die Zuggeschwindigkeit unter 25 *km*-Std. gesunken ist.

Nachträglich sei noch bemerkt, dass die beiden inneren Wickelungen des Dynamoregulators nach beendeter Ladung den Zweck erfüllen müssen, die Spannung an der Hauptleitung innerhalb der

Grenzen von 2—2,1 Volt in jeder Zelle zu halten. Eine weitere Ladung ist somit ausgeschlossen, obgleich die Maschine bei einer Zuggeschwindigkeit höher als 25 *km*-Std. immer noch mit den Batterien parallel geschaltet ist. Diese Anordnung ist von wesentlicher Bedeutung. Erreicht der Zug eine Haltestation, so nimmt die Zuggeschwindigkeit stetig ab, wobei zu einer gewissen Zeit die kritische Grenze der Tourenzahl der Maschine normiert wird; in dem Momente funktioniert der automatische Ausschalter E. Die Dynamo wird abgeschaltet und der Anker des Relais schnellt in seine Ruhelage zurück. Alsdann kann das Spiel wieder vom neuen beginnen.

Im folgenden sollen nun die Vorgänge bei eingeschalteten Lampen besprochen werden. Sobald Licht gebraucht wird, schaltet der Wagenführer alle Lampen in den einzelnen Wagen mittels der früher erwähnten Schalter ein, im Generatorwagen dreht er den Umschalter herum, wobei die Lichtstellung herbeigeführt wird. Bei Stillstand des Zuges decken die Batterien nun allein den Strombedarf der Lampen; wenn aber der Zug in Bewegung ist, vollzieht sich die Zuschaltung der Dynamo in analoger Weise, wie während der Ladung; die Funktionen der Apparate sind demnach bereits bekannt. Jedoch hat die Schaltung eine Veränderung erfahren und zwar ist nun in die Zuleitung der Dynamo an die Hauptleitung der gesamte Widerstand B, wie auch eine Zusatzwickelung des Dynamoregulators eingeschaltet, während die frühere Verbindung mit dem Relais unterbrochen wurde.

Angenommen, es hätte die Zuggeschwindigkeit rund 25 *km*-Std. erreicht, dann speist die Dynamo grösstenteils die Lampen, wobei den Batterien die wichtige Rolle der Regulierung der beinahe konstanten Lichtspannung zufällt.

In den 13 Wagen des Lokalzuges Wien—St. Pölten sind im ganzen 85 Stück 16-, 10- und 5-kerzige Lampen installiert; die Summe der Kerzenstärke beträgt 730, d. h. die Leuchtkraft der Lampen beträgt im Mittel 8,6 Kerzen. Da die Lampen rund 3,1 Watt-Kerze brauchen, so ist die gesamte Leistung 2260 Watt. Die Lampen sind für eine Normalspannung von 112 Volt gebaut, somit ist die an die Lampen abgegebene Stromstärke 20 Ampere. Indem der Dynamoregulator auch während des Parallelbetriebes nur eine Maximalspannung von $57 \cdot 2{,}6 = 148$ Volt an der Maschine zulässt, so müssen $148 - 112 = 36$ Volt bei Auftreten der Maximalspannung im Beruhigungswiderstand B vernichtet werden; der totale Widerstand B beträgt demnach $\frac{36}{20} = 1{,}8\ \Omega$. In der Ausführung wurde derselbe auf 2 Ω erhöht. Da an der Hauptleitung, d. h. an den Glühlampen unter Vernachlässigung der Leitungswiderstände praktisch

nur eine Spannung herrschen kann, so besteht je nach dem Grade der Entladung der Batterien die Beziehung:

$$E - J \cdot R = e - i \cdot r,$$

in welcher E die Klemmenspannung der Dynamo, e die EMK einer Batterie, J die von der Dynamo abgegebene Stromstärke, R den Widerstand B, r den inneren Widerstand einer Batterie bedeutet.

Weitere Angaben über derartige Konstruktionen sind in der Z. d. V. d. Ing. 1896, Heft 2, S. 29—31 enthalten.

Im Nachfolgenden sei nun die Zugbeleuchtung durch reinen Akkumulatorenbetrieb näher behandelt.

Eine der ersten grösseren Anlagen dieser Art ist die der schwedischen Westküstbahn, welche Helsingborg mit Christiania verbindet. Die Anordnung der Beleuchtung setzt hier, wie bei allen Anlagen der Bahnen Schwedens, geschlossene Züge voraus. Es sind zwei Batterien in jedem Zuge aufgestellt und zwar je eine in dem ersten und eine in dem letzten Wagen. Man kann alsdann den Zug trennen, ohne dass die Beleuchtung unterbrochen wird, indem jede Batterie die Beleuchtung des dem Batteriewagen anhängenden Teiles des Zuges übernimmt. Es sind demnach Kuppelungen zwischen den Wagen, wie bei dem englischen System, erforderlich.

Zur Zeit sind sämtliche Wagen der Bahn elektrisch beleuchtet. Die Batterien sind von der E.P.S.-Gesellschaft geliefert. In den letzten Jahren sind in Schweden eine grössere Anzahl Privatbahnen nach dem gleichen System, teilweise auch nur mit einer Batterie für den Zug beleuchtet. Es sind dies die Bahnen: Helsingborg—Hessleholm, Gotenburg—Falun, Falun—Gefle, Gefle—Ockelbo, Gefle—Upsala, Gotenburg—Boras, Halmstadt—Nassjö und Stockholm—Orebro.

Auch bei den Königl. dänischen Staatsbahnen auf Seeland wurde 1891 elektrische Beleuchtung eingeführt.

Die sämtlichen dänischen Staatsbahnen haben sich neuerdings entschlossen, ihre Züge durchweg mit elektrischer Beleuchtung zu versehen.

Die Beleuchtung geschlossener Züge ist gleichfalls mehrfach in Russland ausgeführt worden, unter anderem auf der Zarskoe—Selo-Bahn.

Auf der Krons-Eisenbahn Reval—Petersburg wurden Versuche mit Einzelwagen-Beleuchtung angestellt, welche sehr günstig ausfielen.

Auf den Bahnen der übrigen Länder des Kontinents fand nur Einzelwagen-Beleuchtung Verwendung. Bei dieser Anordnung befinden sich die Batterien im Wagenuntergestell in besonderen Behältern, aus welchen sie behufs Ladung genommen und zu einer

Ladestation gebracht werden. Die Elemente einer Batterie sind behufs leichten Transportes zu mehreren in einem tragbaren Holzkasten eingebaut, dessen Gewicht so bemessen ist, dass ein oder zwei Mann denselben leicht tragen können.

Als Nachteil dieser Anordnung ist zu bemerken, dass der Transport dieser Akkumulatorenkästen grosses Bedienungspersonal erfordert, und dass die Batterien durch den Transport Schaden erleiden können; ferner kann der Fall eintreten, dass infolge Unachtsamkeit die entladenen Batterien wieder in die Wagen geschoben werden, wodurch ein baldiges Versagen der Beleuchtung eintritt. Endlich muss man für jeden Wagen der periodischen Aufladung wegen zwei Batterien vorsehen, welcher Umstand das Anlagekapital wesentlich erhöht.

Zur Vereinfachung des Betriebes wird für alle Wagen einer Verwaltung eine einheitliche Grösse der Batterien vorgesehen. Besonders reich beleuchtete Wagen erhalten zwei oder mehr Batterien. Die Ladestationen für die Batterien sind meist im Anschluss an die Beleuchtungsanlagen der betreffenden Bahnhöfe eingerichtet, sodass die Maschinenanlage durch Lieferung des Ladestromes günstiger ausgenutzt wird. Hierdurch kommen naturgemäss die Kraft- und Wartungskosten verhältnismässig sehr niedrig zu stehen.

Die älteste Anlage und wohl auch die bekannteste ist diejenige der Jura—Simplon-Bahn. Die ersten Wagen wurden im Jahre 1889 ausgerüstet mit Batterien System Huber aus der Fabrik von Blanc & Co. zu Marly-le-Grand. Jetzt verwendet die Bahn solche der Akkumulatorenfabrik Aktiengesellschaft, Berlin.

Dem Beispiele der Jura—Simplon-Bahn auf allmähliche Einführung der elektrischen Beleuchtung sind im letzten Jahr auch sämtliche Schweizer Bahnen gefolgt: die Schweizer Central-Bahn, die Jura—Neufchatelois-Bahn, die Emmenthal- und Seethal-Bahn.

In Italien besteht gleichfalls eine der ältesten Installationen, die der jetzigen Nord-Milano-Bahn, deren 53 Wagen mit Batterien Tudor'schen Systems der Akkumulatorenfabrik, Berlin seit dem Jahre 1889 ausgerüstet sind.

In Österreich hat die Kaiser Ferdinand-Nord-Bahn seit dem Frühjahr 1893 umfassende Versuche mit elektrischer Beleuchtung angestellt und teils Akkumulatoren von W. A. Boese & Co. in Berlin und teils von der Akkumulatorenfabrik A.-G., Berlin verwandt.

Desgleichen hat die ungarische Staatsbahn Wagen mit Akkumulatoren beleuchtet. Der Wagenpark der Arad—Czanader-Bahn ist vollständig für elektrische Beleuchtung eingerichtet. Ferner seien die Kaschau—Oderberger-Bahn und die rumänischen Staatsbahnen, mit ihren diesbezüglichen Bestrebungen erwähnt.

In Deutschland wurden vielfach Versuche vorgenommen, welche, besonders ihrer geringen Ausdehnung wegen, niemals Erfolg gehabt haben.

Elektrisch beleuchtet sind zur Zeit sämtliche Wagen der Dortmund—Gronau—Enscheder Eisenbahn, sowie der Marienburg—Mlawkaer-Bahn. Bei den deutschen Staatsbahnen liegen die Verhältnisse insofern wenig günstig, als die Gasbeleuchtung nahezu vollständig durchgeführt ist und man nicht erwarten kann, dass, nachdem letztere mit vielen Kosten eingeführt ist, man zur Einführung eines anderen, wenn auch besseren Systems übergehen wird. Die einzige deutsche Staatsbahn, welche zur Zeit Versuche mit elektrischer Beleuchtung anstellt, ist die Grossherzoglich Badische.

Sehr ausgedehnte Verwendung hat jedoch das System bei den Bahnpostwagen der Deutschen Reichspost gefunden, und zwar sind zur Zeit gegen 1200 Wagen eingerichtet, und dürfte es wohl nicht mehr lange dauern, bis der gesamte Wagenpark diese Beleuchtung besitzt. Die Batterien entstammen der Fabrik W. A. Boese & Co. in Berlin.

Noch heute hört man seitens der Verwaltungen oft die Meinung, dass die elektrische Einrichtung die Wagen zu sehr belaste. Demgegenüber ist jedoch nachgewiesen, dass keine einzige der ausgeführten Beleuchtungsanlagen mit Akkumulatoren ein so grosses Gewicht hat wie die Gaseinrichtung bei Zugrundelegung gleicher Leistung. So verhält sich das Gewicht der elektrischen Ausrüstung zu dem einer Gaseinrichtung gleicher Leistung[1]) auf der

Jura—Simplon-Bahn wie 16 zu 25,
Dortmund—Gronau—Enscheder-Bahn wie 7 zu 9,
Kaiser Ferdinand-Nord-Bahn wie 2 zu 3,
bei den Bahnpostwagen der Reichspost wie 9 zu 14.

Es ist also die Gaseinrichtung durchschnittlich 30% schwerer.

Eine wesentliche Förderung fand die elektrische Zugbeleuchtung durch die Konstruktion des Gross-Oberflächen Akkumulators, da dieser einer bedeutend grösseren Beanspruchung sowohl bei der Ladung, als auch bei der Entladung gewachsen ist.

Es ist naturgemäss, dass ein derartiger Akkumulator, die für verhältnismässig sehr schwache und gleichmässige Beanspruchung der Wagenbeleuchtung vorzüglich geeignet ist, indem die Betriebskosten durch die grössere Haltbarkeit desselben nicht unwesentlich erniedrigt werden. Die Einführung desselben bietet jedoch noch einen weiteren

[1]) Siehe die Abhandlung von Dr. M. Büttner: Die elektrische Beleuchtung [der E]isenbahnpersonenwagen in der Z. d. V. d. Ing. 1896, Heft 4, S. 94.

Vorteil insofern, als durch die schnelle Aufladung, welche bei demselben zulässig ist, eine Auswechselung der Batterien behufs Ladung und der Transport von und zu der Ladestation, welche verhältnismässig viel Arbeit verursachen, vermieden werden kann. Es wird dann die Ladezeit der Batterien der Aufenthaltszeit der Züge auf den Abstellbahnhöfen, welche durchschnittlich 4—5 Stunden beträgt, angepasst und je nach den Verhältnissen auf 2—4 Stunden bemessen. Ausnahmsweise ist es auch zulässig, die Ladung in noch kürzerer Zeit bis zur Dauer von $^1/_2$ Stunde vorzunehmen, sobald durch besondere Betriebsverhältnisse, durch Zugverspätungen, Schneeverwehungen, erhöhten Verkehr an den Festtagen eine Verkürzung der Haltezeit der Züge eintritt.

Die Anordnung zum Aufladen der Batterien ist die folgende: Es werden von dem Maschinenhaus Kabel bis an die Aufenthaltsplätze der Züge geführt, welche dort in besonderen Leitungsständern enden und wird von diesen aus der Anschluss an die Batterien der Wagen mittels beweglicher Kabel bewirkt. Die Maschinenanlage muss hierbei so dimensioniert sein, dass sie die Höchstzahl der Batterien, welche zu gleicher Zeit geladen werden, mit Strom versorgen kann. Es wird meistens die vorhandene Beleuchtungsanlage genügen eventuell mit Zuhilfenahme einer kleinen Batterie, der wechselnden Belastung wegen.

Die Königl. ungarische Staatsbahn hat jetzt eine derartige Anlage für Schnellaufladung, allerdings zunächst nur für wenige Wagen, in Betrieb gesetzt, und auch andere Bahnen beabsichtigen, Versuche anzustellen. Desgleichen sind die neuen, für die dänische Staatsbahn von der Hagener Fabrik gelieferten 1152 Elemente für eine drei- bis vierstündige Ladung vorgesehen. Die Batterien werden für geschlossene Zugbeleuchtung verwendet, doch sind sie so eingerichtet, dass man ohne grosse Abänderungen zur Einzelwagenbeleuchtung übergehen kann, falls man sich entschliesst, das System der geschlossenen Zugbeleuchtung zu verlassen.

Die verhältnismässig grosse Erweiterung der elektrischen Wagenbeleuchtung in Dänemark ist sicher als ein Zeichen zu betrachten, dass man mit diesem System durchaus zufrieden ist.

Die grosse Anzahl der schon ausgeführten oder noch in der Einrichtung begriffenen Anlagen ist wohl der beste Beweis, dass dieses neue Anwendungsgebiet des elektrischen Stromes aus dem Versuchsstadium herausgetreten ist und sich in kurzer Zeit wegen seiner unbestreitbaren Vorzüge noch weiter ausbreiten wird.

Diejenigen Bahnen, welche vor Einführung einer besseren Beleuchtung stehen, dürften wohl in den meisten Fällen die elektrische bevorzugen, und dürfte dabei ausser den geringen Betriebskosten

vor allem der Wunsch massgebend sein, die elektrischen Stationen der Bahnhöfe besser auszunutzen, welche heute wohl bei den meisten Bahnverwaltungen bestehen.

Wirtschaftliche Berechnungen über Kosten der elektrischen Beleuchtung im Vergleich zur Ölgasbeleuchtung, siehe Z. d. V. d. Ing. 1896, Heft 4, sowie Glasers Annalen, Bd. 40, No. 479.

Die bei der Zugbeleuchtung angewandten Glühlampen sind meist solche mit geringem Wattverbrauch. Ein Nachteil derartiger Lampen ist ihre oft bedeutende Helligkeitsabnahme nach längerer Brenndauer, sodass man bei Aufstellung von Kostenberechnungen höchstens 300 nutzbare Brennstunden für eine Glühlampe einsetzen darf. Sehr gute Fabrikate würden vielleicht noch höhere Brennstundenzahlen ohne merkbaren Helligkeitsnachlass erreichen.

Es ist bei allen diesen Lampen jedoch auf genaue Einhaltung der vorgeschriebenen Spannung zu achten, da dieselben gegen Überspannung sehr empfindlich sind.

Die fortschreitende Entwickelung des elektrischen Betriebes auch für Vollbahnen wird natürlich wieder eine vollständige Umwälzung der Zugbeleuchtung hervorrufen, da in diesem Fall die Betriebskraft auch zur Beleuchtung verwendet wird, wie dies heute bei den elektrischen Strassenbahnen geschieht; es erklärt sich daraus leicht, dass diese bedeutend bessere Beleuchtungseinrichtungen besitzen, als Vollbahnen mit Dampfbetrieb, welche die zur Speisung der Lampen nötige elektrische Energie aufgespeichert mitführen müssen.

Ein weiterer Punkt, welcher bei unseren heutigen Verkehrsverhältnissen die grösste Beachtung verdient, ist die Streckenbeleuchtung. Auf den Bahnhofsgebieten erfolgt dieselbe durch stationäre Beleuchtungseinrichtungen, während auf freien Strecken das Licht von der Lokomotive selbst vorausgeworfen werden muss.

Bei schnell fahrenden Bahnen ist es daher von Wichtigkeit, während der Abend- und Nachtstunden eine starke Beleuchtungsquelle mit sich zu führen. Dieselben Gründe, welche für die allgemeine Einführung der elektrischen Beleuchtung des Wageninneren gegenüber der Petroleum- und Gasbeleuchtung massgebend waren, können auch für die Aussenbeleuchtung fahrender Züge Geltung behalten.

Eine kräftige Aussenbeleuchtung kann indes nur mit Bogenlampen erzielt werden und von diesen auch nur dann, wenn ihre innere Konstruktion die Bedürfnisse des Fahrbetriebes befriedigt. Eine solche Lampe, amerikanischen Ursprungs (Dayton Manufacturing Co., Dayton, Ohio), soll im Nachfolgenden näher beschrieben werden, da deren Einfachheit und Stabilität besonders bemerkenswert ist.

Die Ausführung dieser Lampen ist ebenso originell als bedeutungsvoll, denn im Bahnbetrieb ist nichts so wichtig, als die Einfachheit und die Solidität der Einrichtungen.

Diese Bogenlampe unterscheidet sich von den gebräuchlichen Ausführungen dadurch, dass sie jeder automatischen Regulierung entbehrt, und dass der Lichtbogen im luftabgeschlossenen Raume brennt. Die Lampe ist von einem Blechschutzgehäuse umschlossen und der Lichtbogen befindet sich im Brennpunkt eines Paraboloidreflektors. Die Sammlung sämtlicher Lichtstrahlen zu einem gleich-

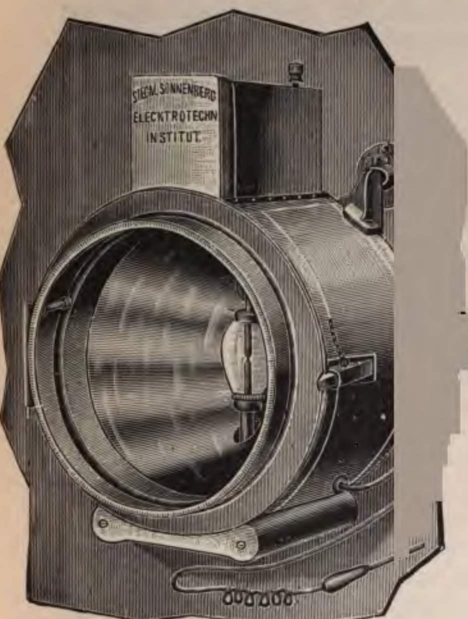


Fig. 161.

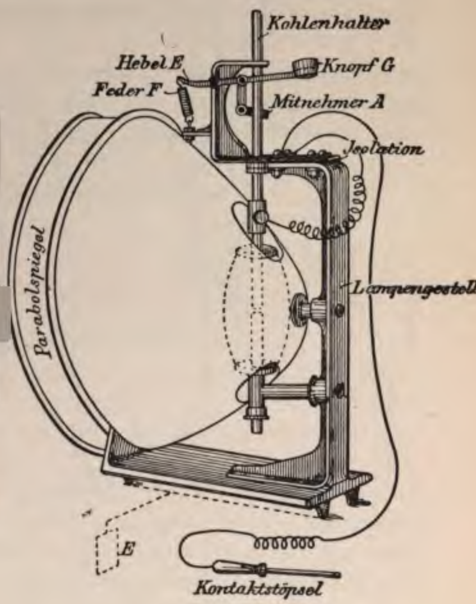


Fig. 162.

mässigen Lichtbündel ist hierdurch vollkommener ermöglicht als durch Anwendung lichtstarker Glühlampen oder durch Anordnung mehrerer Glühlampen in einem Reflektor. Die gesamte Lampen- und Reflektoreinrichtung lässt sich gemeinsam aus dem Schutzgehäuse entfernen, worin sie durch eine Schlittenführung mit Verschlussfeder eine derartig feste Lage erhält, dass ein Lockern der Lampe durch Stösse oder Schwankungen nicht eintreten kann.

Fig. 161 zeigt die Gesamtansicht der Lampe im Gehäuse, während Fig. 162 den herausgezogenen Lampenteil darstellt.

Fig. 163 zeigt schematisch die Schaltung der Lampe in einem elektrischen Strassenbahnwagen.

Das Gestell der Lampe bildet den einen Pol und ist hier an Erde gelegt. Wenn die Lampe bei anderer Verwendungsart keinen Erdpol besitzt, so ist darauf zu achten, dass der Minuspol mit dem Lampengestell verbunden wird, da sich dadurch der Lichtbogen länger im Brennpunkt des Paraboloides hält.

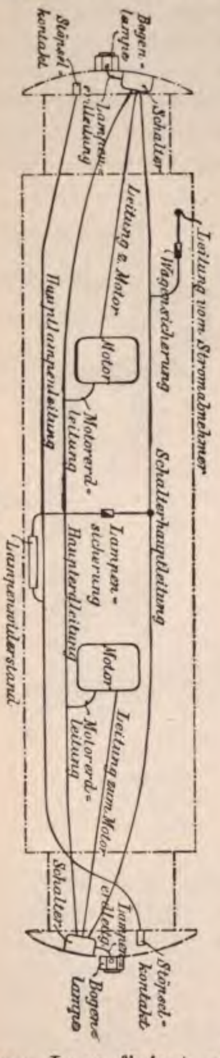


Fig. 163.

Der zugehörige Vorschaltwiderstand ist derart bemessen, dass die Lampe in einem Stromkreis bis zu 500 Volt Spannung brennen kann. Das Einschalten der Lampe geschieht durch einen Stöpselkontakt. Der Stromkreis

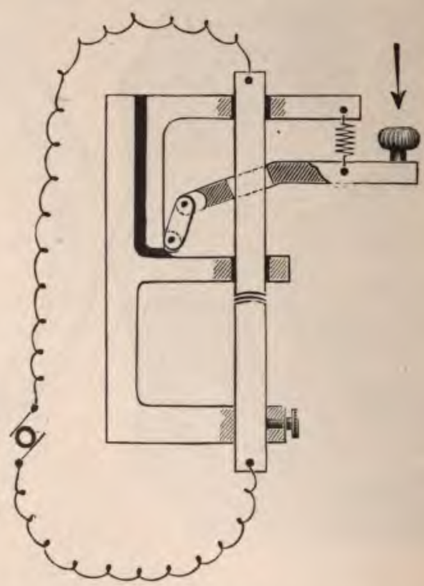


Fig. 164.

wird durch Niederdrücken des sich im oberen Teil der Lampe befindlichen Druckknopfes geschlossen, wie Fig. 164 dieses schematisch zeigt. Der untere Kohlenhalter ist durch eine Zahnstange, welche durch eine Druckschraube in ihrer Lage fixiert wird, verschiebbar, um den Berührungspunkt der Kohlen in den Brennpunkt einstellen zu können. Der obere Kohlenhalter ist nach Niederdrücken des Knopfes frei beweglich, sodass Berührung der Kohlen eintritt. Der mit dem Knopf verbundene Federmechanismus wirkt durch eine Klemmvorrichtung derart auf

den oberen Kohlenhalter ein, dass nach Loslassen des Knopfes die obere Kohle etwas gehoben wird, und zwar um einen Betrag, welcher durch Nachstellen der Feder reguliert werden kann. Das Mitnehmen des oberen Kohlenhalters wird durch eine Vorrichtung erreicht, welche man als einseitig wirkende Reibungskuppelung bezeichnen kann.

Der Lichtbogen brennt im luftabgeschlossenen Raume einer Klarglasglocke, welche durch eine Überfangmutter auf den unteren Kohlenhalter gepresst und mit Asbest abgedichtet wird. Der obere Verschluss wird durch eine lose auf die Glasglocke aufgelegte Gusseisenscheibe erreicht, welche in der Mitte ein Loch zum Einführen der oberen Kohle enthält.

Da der Lichtbogen im luftabgeschlossenen Raum brennt, wird die Krater- und Kegelbildung an den Kohlen vermieden; es flachen sich die beiden Kohlenenden fast gleichmässig ab, wodurch eine



Fig. 165.

gleichmässige Lichtverteilung besonders in der Horizontalebene entsteht.

Wenn ein Ersatz der Kohlen nötig ist, stellt man den unteren Kohlenhalter möglichst weit nach unten und den oberen möglichst weit nach oben, nimmt den oberen Kohlenrest mit der zur Abdichtung dienenden gusseisernen Scheibe heraus und schraubt die Glasglocke los, was ein Herausnehmen des unteren Restes ermöglicht. Das Einsetzen neuer Kohlen geschieht auf die umgekehrte Weise, indem man in den unteren Halter eine rund 20 *cm* und in den oberen eine rund 12 *cm* lange Kohle einsetzt. Bei der Auswahl der Kohlen ist streng darauf zu achten, dass nur die beste Qualität Homogenkohle zur Verwendung gelangt. Bei jedem Kohlenersatz ist die Klarglasglocke vermittelst eines mit Benzin getränkten Lappens vom anhaftenden Kohlenstaub zu reinigen. Man wird bezüglich der Leuchtkraft die besten Ergebnisse nur dann erhalten, wenn sich der Lichtbogen genau im Brennpunkt des Paraboloidspiegels befindet. Die einmalige Justierung des Lichtbogens muss eine derartige sein, dass durch die Reibungskuppelung die beiden Kohlenspitzen etwa 3 *mm* voneinander entfernt werden. Wenn durch irgend einen Zufall die

Lampe verlöscht, so genügt ein Niederdrücken des Knopfes, um den Lichtbogen wieder einzuleiten.

Die Stromquelle für diese Lampe kann eine Akkumulatorenbatterie und auch jede beliebige Dynmomaschine sein, die man auf der Lokomotive oder an den Achsen eines Wagens anbringen kann.

Diese Dynamomaschine müsste zweckentsprechend mit einer kleinen Akkumulatorenbatterie in Verbindung sein, wie dies bei der vorher beschriebenen Zugbeleuchtungsmethode von Dick der Fall ist, obgleich die Lampe gegen Spannungsschwankungen sehr unempfindlich ist. Bei elektrischen Strassen- und Vollbahnen kann direkt der Betriebsstrom verwendet werden, welcher indessen eine höhere Spannung besitzt als der Spannung des Lichtbogens entspricht. In diesem Falle muss ein entsprechender Vorschaltwiderstand Anwendung finden, der zugleich wie bei allen Bogenlampen als Beruhigungswiderstand ausgenutzt wird. Fig. 165 stellt diesen Vorschaltwiderstand dar, der zugleich benutzt werden kann, um das Wageninnere elektrisch zu heizen.

XVI.

Industriebahnen.

Es lag nahe, die Erfahrungen des elektrischen Strassenbahnbetriebes auf kleinere Güterbahnen zu übertragen, um auch hier an Zugkosten gegenüber animalischer und Dampfbeförderung zu sparen.

Wir können nach den zu registrierenden Ausführungen das Kapitel einteilen in:

1. Güterbahnen,
2. Grubenbahnen,
3. Wald- und Feldbahnen.

1. Güterbahnen.

Bei diesen kommt es hauptsächlich darauf an, Güter zu- und abzuführen. Entweder werden die Güterwagen der normalspurigen Bahnen direkt ohne Umladung auf den meterspurigen Kleinbahnen mittels besonderer Drehschemel wie Fig. 166, oder auf Unterschiebewagen mit oder ohne motorische Einrichtung, wie Fig. 167 zeigt, befördert und an die Verbrauchsstellen gebracht, ebenso wie umgekehrt die leeren Wagen der Hauptbahn wieder zugeführt werden, oder es sind Güter zu befördern, welche eine Umladung auf schmalspurige Wagen vertragen. Für diese müssen bei der schmalspurigen Abzweig-Kleinbahn entsprechende Güterwagen zur Verfügung gestellt werden können. Wenn man Plattformwagen gleichzeitig so ausbildet, dass sie auch zum Transport gewöhnlicher Landfuhrwerke, eventuell mit Gespann, dienen können, wie Fig. 168 zeigt, so hat man Wagentypen geschaffen, welche in dem weitgehendsten Masse für die Rentabilität der Industriebahn ausgenützt werden können. Bei Dampfbahnen hat man bereits die schmalspurigen Rollböcke unter die Achse des normalspurigen Wagens geschoben und von der Dampflokomotive ziehen lassen. Der Elektromotor bietet aber die Annehmlichkeit, von einer besonderen Lokomotive unabhängig sein zu können und die Achsen des Unterschiebegefährtes direkt mittels Elektromotors anzutreiben, um zugleich die Adhäsion der beförderten Last bei der

Kleinbahn so auszunutzen, dass Steigungen mit diesem Gefährt überwunden werden können, welche beim Dampfbetrieb ganz ausser Betracht kommen müssen. Diese Steigungen aber finden sich bei allen den Kleinbahnen vor, deren Lage so ist, dass die Hauptbahn wegen Terrainschwierigkeiten den betreffenden Ort nicht direkt berühren kann. Die Beladung der langen Kleinbahngüterwagen durch allerhand andere Gefährte stellt sich etwa so dar, wie der Möbelwagentransport ohne Umladung, und es ist eine Frage der Zeit, ob die Strassenfuhrwerke nicht von vornherein für diese Verladungsart geeigneter gemacht werden, als dies jetzt der Fall ist, wobei nicht behauptet werden soll, dass nicht auch schon die heutigen Strassenfuhrwerke für diese Umladung tauglich seien.

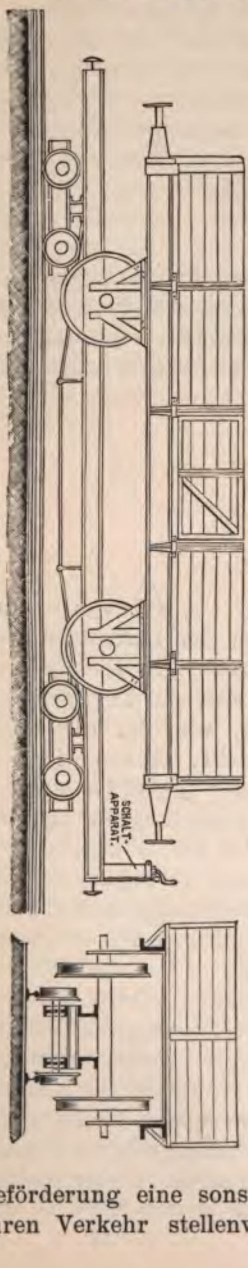
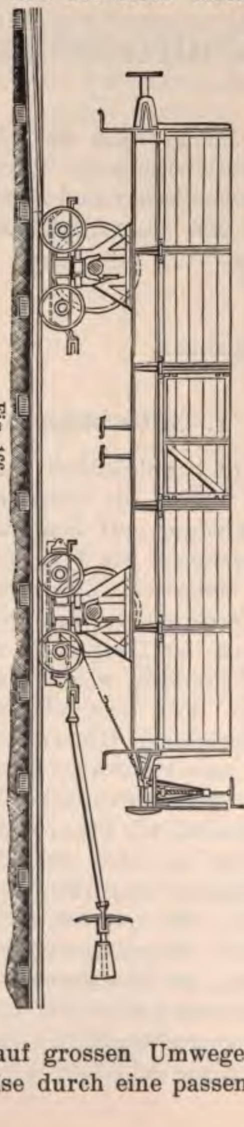
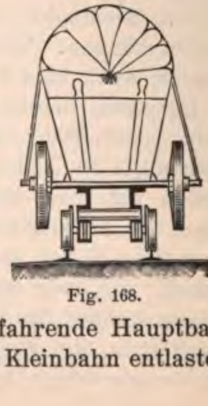


Fig. 167.


Fig. 166.

Oft kann durch diese Art der Güter-


Fig. 168.

beförderung eine sonst auf grossen Umwegen fahrende Hauptbahn ihren Verkehr stellenweise durch eine passende Kleinbahn entlasten,

da der, seine volle Adhäsion ausnutzende Kleinbahnwagen steile Strecken überwinden kann, die nahezu bis zur Adhäsionsgrenze reichen. Die durch die Praxis sowohl für die Berg- als für die Thalfahrt sich als brauchbar herausgestellt habende Steigung von 1 : 10 bildet also keine Schwierigkeit mehr, Güterwagen zu befördern. Befinden sich zwischen zwei Orten, die nicht direkten Bahnanschluss haben, schlechte oder bergige Landstrassen, auf denen die die Stückgüter befördernden Landfuhrwerke nur mit grossen Beschwerden fortkommen können, so lässt sich nach dem beschriebenen System der gesamte schwere Wagenverkehr ebenfalls auf diese Art bewerkstelligen. Die am Anfangs-

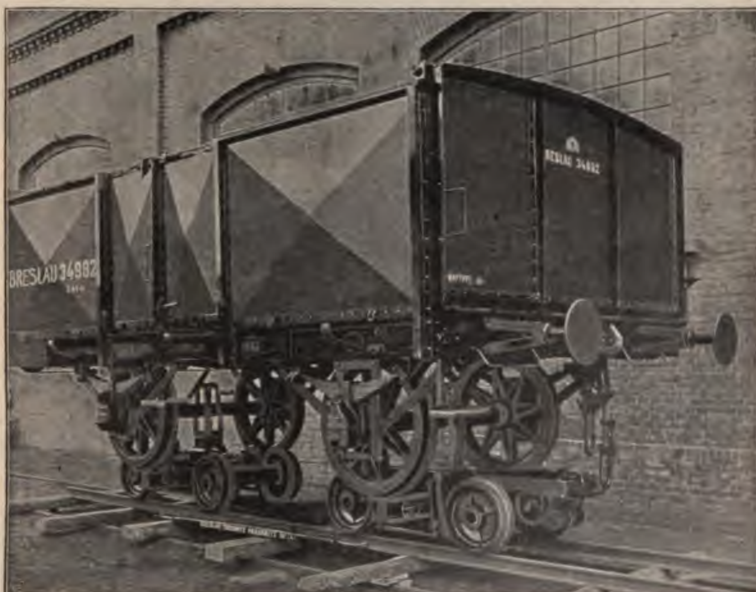


Fig. 169.

orte ausgespannten Pferde werden am Endpunkte der Kleinbahn wieder vor das Landfuhrwerk gespannt, um alsdann den Transport in üblicher Weise weiter zu besorgen. Es ist also eine derartige Kleinbahn vollständig in der Lage, den Bau einer Landstrasse zu erübrigen, was bei Erbauung der Kleinbahn für das Anlagekapital und im Betriebe für die Wirtschaftlichkeit der vielleicht sonst nur schwach oder gar nicht rentierenden Kleinbahnanlage in Betracht zu ziehen ist. Landstrassen sind im Bau bekanntlich recht teuer und in der Unterhaltung nicht minder. Es erschliesst sich also für genannte Industriebahnen ein neues Feld, nicht zum mindesten dadurch, dass die Betriebsmittel die einfache und bewährte elek-

trische Betriebskraft vorsehen können. Die Schwerfälligkeit des Dampfbetriebes wird in solchen Fällen immer durch die Leichtigkeit des elektrischen Motorenbetriebes überflügelt werden und die weitere



Fig. 170.



Fig. 171.

Ausnutzung der Stromerzeugungsstation zu anderen Zwecken d. h. Beleuchtung der anliegenden Ortschaften, Zuführung von Strom für ländliche Hausindustrie, zum Betrieb von Wasserwerken, Kanalisationspumpen, zum Antrieb landwirtschaftlicher Geräte u. dergl. wird stets

ein zu beachtender Faktor bei der Frage sein, ob elektrischer Güterbahnbetrieb für die betreffende Gegend als das rationellste und somit aussichtsreichste System zu betrachten sein wird.

In der Fig. 169 ist ein auf Rollböcken verladener Güterwagen in photographischer Darstellung, in Fig. 170 ein beladener Plattformwagen, gezogen von einem elektrischen Lokomotivwagen bildlich zur Anschauung gebracht.



Fig. 172.

Bei der Hannoverschen Strassenbahn werden auf den im Bau befindlichen Aussenstrecken Gütergefährte in Betrieb gelangen, (D. R. P. Krüger-Jürgens), welche sowohl den Schienenweg, als auch die gewöhnliche Strasse benutzen können. Für die Gleisfahrt wird die beim Pferdebetrieb erforderliche vordere Drehachse festgestellt und vor und hinter die vier Laufräder besondere Spurräder herabgelassen. Für die Strassenfahrt sind die Spurräder in gehobener Stellung und die Vorderachse drehbar. Diese Wagen können also besondere Fabrikanschlussgleise entbehren, müssen indes stets als

Anhängewagen benutzt werden. Jeder Wagen fasst 5—6 *t* Ladung bei 2000 ℳ Anschaffungspreis.

Fig. 171 stellt einen elektrisch betriebenen Gütermotorwagen amerikanischer Konstruktion dar. Derselbe ist für Umladestückgut eingerichtet und mit Thomson-Houston-Ausrüstung (Union-Berlin) versehen.

Einen Plattformwagen für 2500 *kg* Ladegewicht zur Beförderung von Zuckersäcken aus den Speichern der Baltimore Zucker-Raffinerie

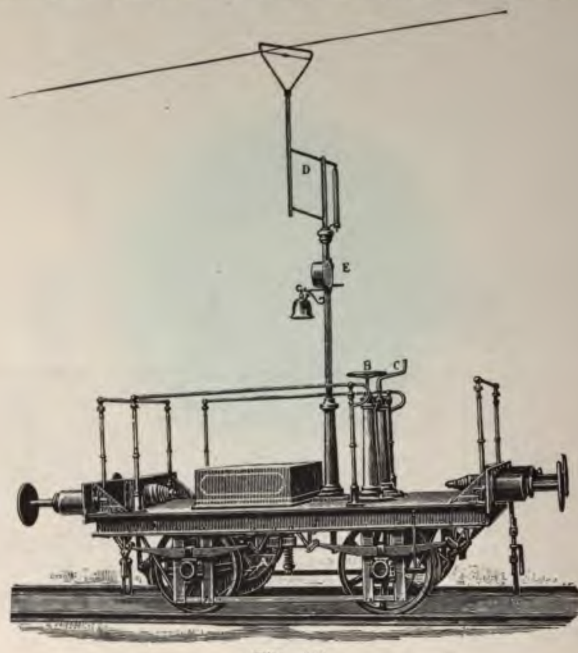


Fig. 173.

in die Raffinerie stellt Fig. 172 dar. Fig. 173 zeigt eine, von Gebr. Körting gebaute, und zwischen deren Fabriken verkehrende Materialtransportlokomotive.

Für die Erdmassenbewegung grösserer Bauten ist die nachfolgende Lokomotive von Ganz & Co. (Fig. 174), Budapest, gebaut worden. Dieselbe ist niedrig, um auch in Gruben Verwendung finden zu können. Sie hat eine Spurweite von 633 *mm* und ist mit einer elektromotorischen Kraft von 50 PS ausgerüstet. Das Gewicht der Lokomotive beträgt 8 *t*.

Die von der A.-G. Elektrizitätswerke (vorm. O. L. Kummer & Co.), Dresden und Niedersedlitz, erbaute elektrische Bahn Bad Aibling — Feilnbach (Bahn zum Wendelstein), zeichnet sich durch

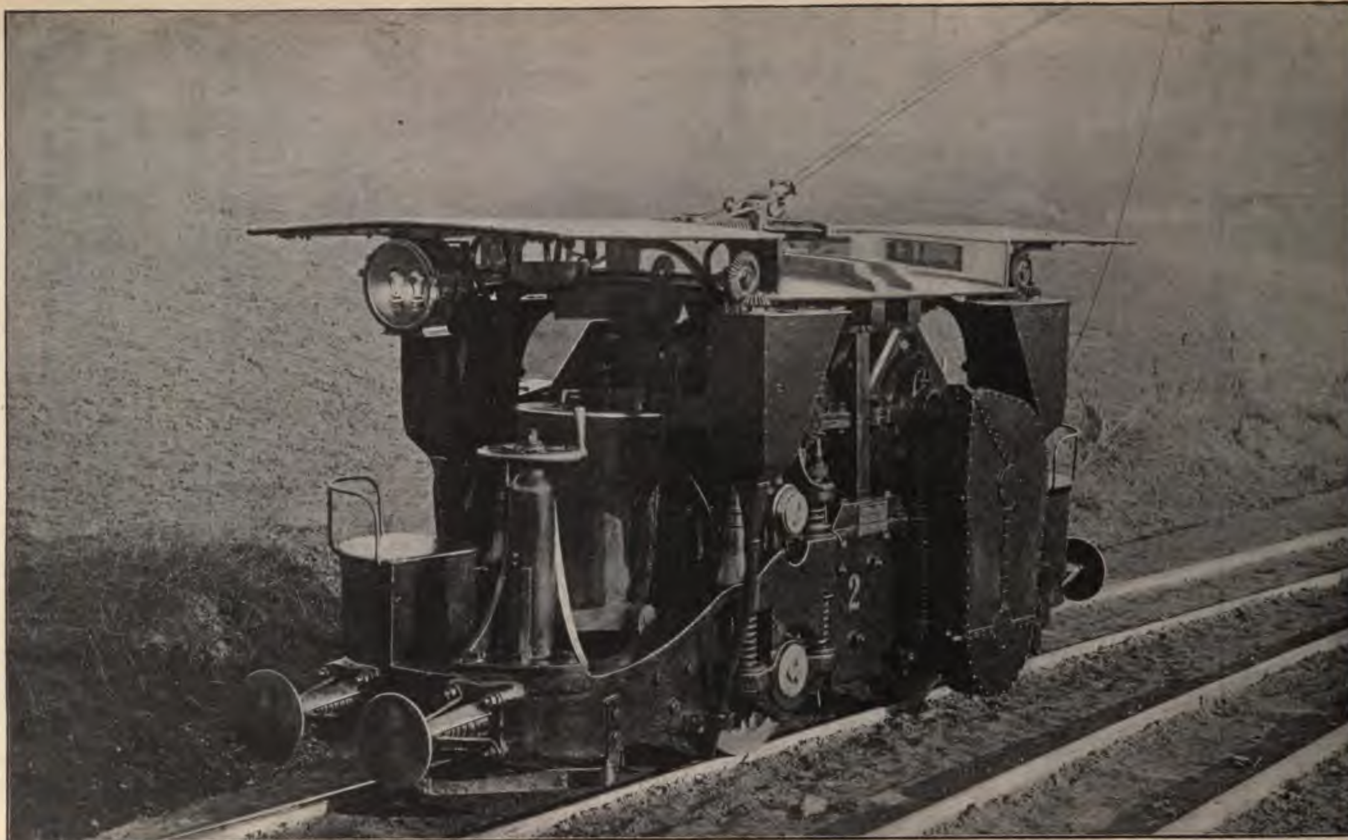


Fig. 174.

einen recht lebhaften Güterverkehr aus. Derselbe wird hauptsächlich durch die Güterwagen der Staatsbahn vermittelt, die als Anhängewagen befördert werden. Für den lokalen Verkehr sind jedoch Gütermotorwagen bestimmt, deren Einrichtung hier durch Zeichnungen veranschaulicht wird.

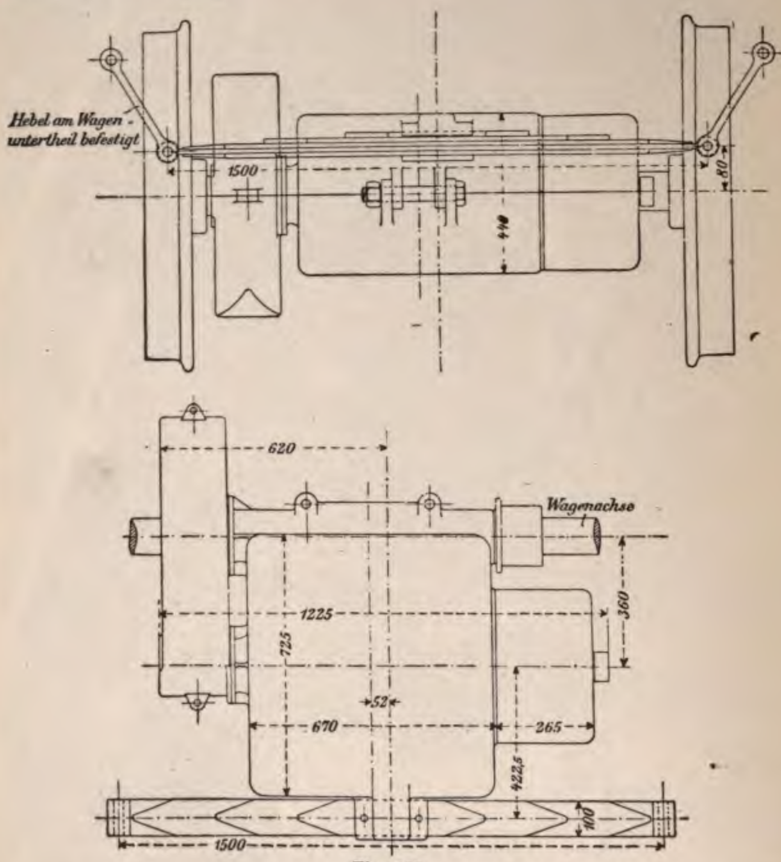


Fig. 177.

Die Fig. 175 und 176 geben Seiten- und Stirnansicht des Wagens mit teilweisen Schnitten. Er besitzt eine Ladefähigkeit von 5 *t* und ist mit zwei Motoren ausgerüstet, die je 25 PS normal, 35 PS maximal leisten.

Die Aufhängung der Motoren ist aus Fig. 177 ersichtlich.

Das Untergestell, wie dasselbe Fig. 178 zeigt, besteht aus einem oberen und einem unteren Gurt aus starkem L-Eisen mit entsprechenden Verbindungen, die in der Mitte und an den Achsengabeln zu

je $4\frac{1}{2}$ *t* Gewicht auf Steigungen bis 1:50 mit 10 *km*-Std. Geschwindigkeit. Am Zughaken üben sie 4—5 *t* Zug aus; wobei natürlich Sandstreuung auf den feuchten Schienen benutzt wird, da sie sonst nur die Hälfte ziehen könnten.

Weitere Grössenangaben sind: kleinster Kurvenradius 18 *m*, Schienengewicht 20 *kg-m*, Spurweite 1,12 *m*, also unter Normalspur, geringste Querschlagweite für eingleisige Spur unten 3 *m*, oben 2,4 *m* bei 2,1 *m* Höhe über Schienen, Lokomotivbreite 1,88 *m*, Höhe 1,68 *m*, Länge $5\frac{1}{2}$ *m*, Raddurchmesser 838 *mm*, Radstand 1,83 *m*. Auf dem Rahmengestell ruhen zwei Elektromotoren von je 100 PS bei 500 Volt Spannung, von welchen die Kraft durch Radübersetzung auf die drei gekuppelten Achsen übertragen wird. Ferner sind die Lokomotiven mit zwei grossen elektrischen Kopflaternen und kräftiger Bremse versehen. Der Strom wird oberirdisch durch zwei Kontaktrollen zugeführt.

Bei elektrisch betriebenen Materialbahnen, Gruben- und Waldbahnen ist es möglich, ohne jedwede Stromerzeugungsstation auszukommen, wenn das Terrain mit ständigen oder zeitweisen grossen Niveaudifferenzen versehen ist. Der thalwärts fahrende Wagen erzeugt bekanntlich durch seine als Dynamo arbeitenden Motoren bei einem angenommenen Nutzeffekt von 50 % etwa halb soviel Strom, als der bergwärtsfahrende Wagen verbrauchen würde. Um es nun zu ermöglichen, dass der thalwärts fahrende Wagen genau soviel Strom erzeugt und in die an Stelle des Seiles tretende elektrische Stromleitung entsendet, als der bergwärts fahrende Wagen nötig hat, ist es erforderlich, den ersteren Wagen mit soviel toter Last ablaufen zu lassen, dass bei einem Nutzeffekt von 50 % des thalwärts fahrenden Wagens derselbe doppelt so schwer wird, als der bergwärts fahrende. Alsdann wird genügend Strom vorhanden sein, um den bergan fahrenden Wagen in Betrieb zu erhalten. Einen durch den Zufall eintretenden Kraftüberschuss kann man alsdann noch in Akkumulatorenbatterien aufspeichern, eventuell auch spärliche Wasserkräfte zur ständigen Ladung von solchen Puffer- und Sammlerbatterien benutzen. Für den nutzbaren Ballast bieten z. B. Gebirgsbahnen stets genügend Material. Entweder es kann auf dem Berge Wasser benutzt werden, den Wagen mit einem entsprechenden Übergewicht zu versehen oder man kann Produkte des Berges, als Steine, Holz u. s. w. verwenden, um besonders anzuhängende Güterwagen damit zu belasten, deren Abtrieb selbstverständlich in demselben Sinne wirken wird, wie der Motorwagen selbst, der durch künstlichen Ballast beschwert ist. Man kommt daher zu dem Resultat, dass Bahnen mit thalwärts zu schaffender grosser Güterlast und bergwärts zu bewegender kleiner Last ohne Kosten einer Kraftstation möglich sind.

3. Wald- und Feldbahnen.

Eng verwandt mit den Grubenbahnen sind betreffs ihrer Betriebsmittel die Wald- und Feldbahnen, um deren Ausbildung sich besonders die Firma Arthur Koppel, Berlin, verdient gemacht hat.

Der Stromzuführungsbau ist freilich ein gänzlich anderer, da er meist nur für fliegende Anlagen eingerichtet sein wird. Die Strom-

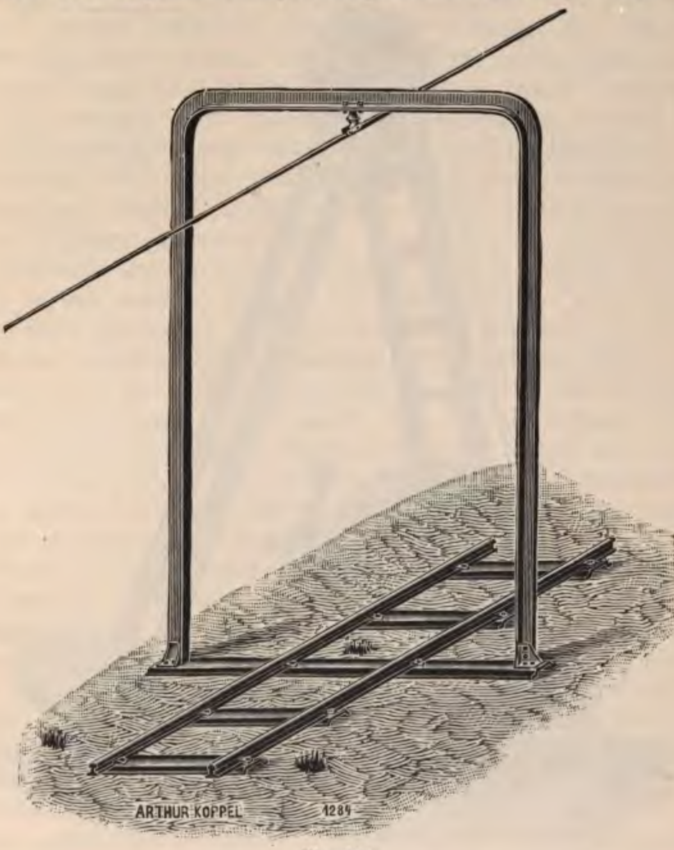


Fig. 184.

leitungsanlagen müssen schnell und einfach verlegbar sein, um eventl. nach kurzer Zeit an einem anderen Ort aufgestellt werden zu können.

Der elektrische Betrieb hat gegenüber einem Dampf- oder Pferdebetrieb auch hier wieder seine besonderen Vorzüge. Die bei der Dampflokomotive immerhin in Betracht kommende Feuersgefahr durch Sprühfunken der Lokomotive ist bei einer elektrischen Wald- und Feldbahn gänzlich ausgeschlossen. Die Ersparnis am Bedienungs-

personal, welche z. B. in der Landwirtschaft heutzutage eine grosse Rolle spielt, ist ebenfalls ein Vorzug des elektrischen Betriebes. Das Pferd kann bekanntlich vom Elektromotor stets dann verdrängt werden, wenn letzterer auf Schienenwegen in Betrieb kommt.

Die dem Koppel'schen Feldbahnensystem eigentümlichen Anordnungen bestehen in dem sogenannten Leitungsjoch, dem Fahr-

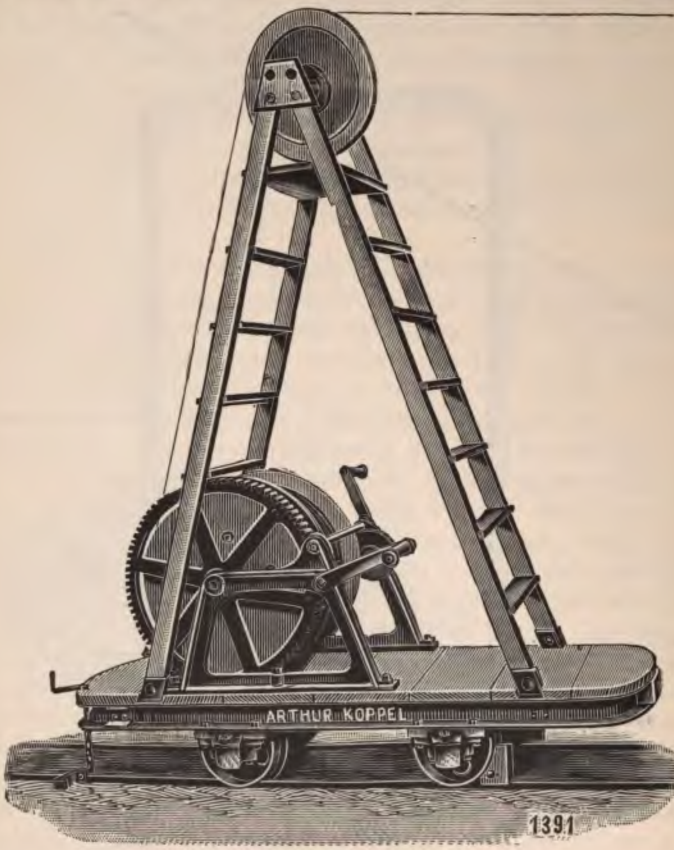


Fig. 185.

draht-Spannwagen und den Masten zum Aufbau der Stromleitungen von der Strom erzeugenden Station nach der Bahnstrecke.

Das Wesentliche dieser unter Patentschutz stehenden Koppel'schen Konstruktionen besteht in der Verbindung der Gleisrahmen mit den Leitungsträgern in ein transportables Ganze, das sogenannte »Leitungsjoch« (Fig. 184), dessen V-förmiger Träger auf einer verlängerten Schwelle des Gleisrahmens befestigt ist. Die Entfernung der Leitungs-

joche ist auf geraden Strecken 25—30 *m*. Nur in Kurven mit kleinem Radius wird jeder Gleisrahmen als Leitungsjoch ausgebildet, damit der Fahrdraht der Mittellinie der Trace einigermassen folgen kann. Das Gewicht der Leitungsjoche beträgt etwa 70 *kg* mehr, als das der gewöhnlichen Gleisrahmen. Im übrigen werden auch zur elektrischen Feldbahn die normalen sonst gebräuchlichen Gleisrahmen mit Schienen von 65—70 *mm* Höhe verwendet. Bei vorhandenen Anlagen können daher die Gleise ohne weiteres für elektrischen Betrieb eingerichtet werden. Die Höhe des Fahrdrahtes über Schienenoberkante beträgt 3—4 *m*, je nach dem herrschenden Bedürfnis.

Zum Verlegen und Spannen des Fahrdrahtes benutzt Koppel einen Montagewagen, wie derselbe in Fig. 185 dargestellt ist. Derselbe besteht aus einem einfachen zweiachsigen Plateauwagen mit Montageleiter, Kupferdrahthaspel und Spannvorrichtung und wird an den Schienen verankert. Das freie Ende des Fahrdrahtes ist über eine Rolle an der Spitze der Leiter geführt. Soll die Fahrdrahtleitung verlegt werden, so wird der Montagewagen hinter das erste Leitungsjoch geschoben, auf den Schienen verankert und der von der Haspel abgewickelte Kupferdraht mit Hilfe des Flaschenzuges angezogen und am Leitungsjoch befestigt. Die in dem Kupferdraht erzeugte Zugspannung wird durch eine zweite tragbare Montageleiter, welche gleichfalls eine Spannvorrichtung besitzt und verankert werden kann, aufgenommen, sodass der nunmehr entlastete Montagewagen hinter das zweite Leitungsjoch geschoben werden kann, wo sich der geschilderte Vorgang wiederholt.

Durch die Spannung der Fahrdrahtleitung erhalten die Leitungsjoche erst die erforderliche Standfestigkeit, sodass ohne das obige Montageverfahren die Verwendung der leichten, auf Schwellen befestigten Träger unmöglich wäre. Das geringe Gewicht der Leitungsjoche und der Fortfall sämmtlicher Erdarbeiten, welche etwa zum Einrammen der Maste erforderlich wären, bewirken eine Verbilligung der Anlage- und Montagekosten. Im Bedarfsfalle kann das Joch in Richtung der Gleisachse noch durch Spanndrähte an den nächstliegenden Schwellen gegen Umbiegen gesichert werden.

Bei stationären Feldbahnen endigt die Fahrleitung an einem, mit Erdschrauben verankerten Pikettpfahl; auf transportablen Strecken dagegen bleibt der Montagewagen am jeweiligen Endpunkte in verankertem Zustande stehen, um bei Verlängerung der Bahn eine neue Leitungslänge abzuwickeln oder zwecks Verlegung der Gleise die abgerollte Leitungslänge wieder aufrollen zu können.

Der erstere Fall spielt eine grosse Rolle bei der Anlage neuer Wege, auf welchen der Transport bis zum jeweiligen Endpunkte weitergeführt werden soll und ist daher besonders geeignet zur

Bruchabfuhr bei Tunnelbauten, mit deren Fortschreiten gleichzeitig eine Verlängerung der Bahnstrecke notwendig wird.

Der Stromübergang zwischen dem Fahrdraht nach dem Gleis wird verhindert, wenn Haspel und Leiter aus trockenem, imprägniertem Holz hergestellt und durch einen isolierenden, wasserdichten Plan

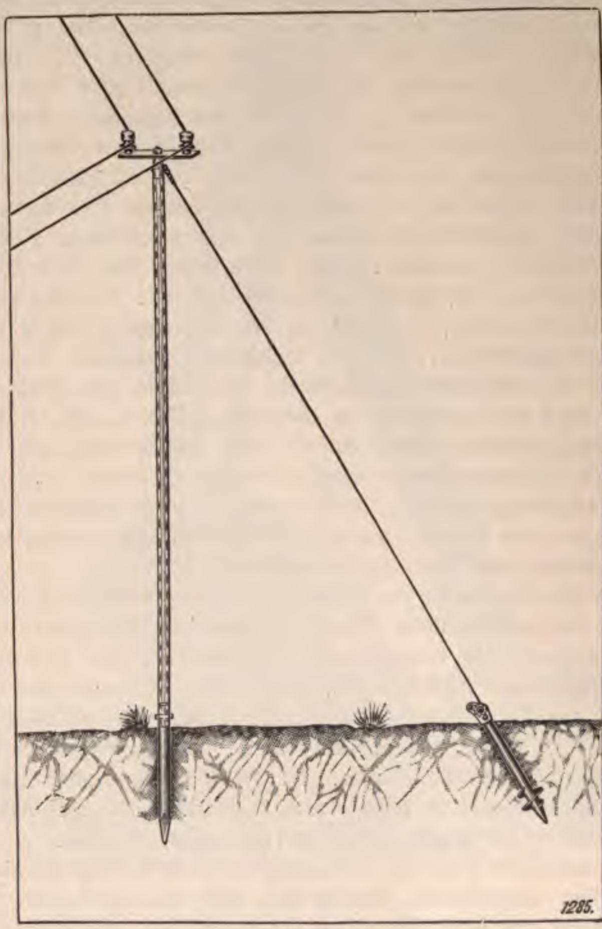


Fig. 186.

gegen das Eindringen von Nässe, sowie gegen Berührung durch Menschenhand geschützt werden.

Die hier beschriebene Fahrdrahtverlegung erfolgt ohne Zuhilfenahme von Pferden, wie dies sonst für schnellen Leitungsbau unerlässlich ist.

Für die Verlegung von fliegenden oberirdischen blanken Speiseleitungen wendet Koppel die in den Fig. 186 und 187 dargestellten Masten an, von denen die erstere Anordnung für Kurven und die letztere für die geraden Strecken benutzt wird.

Die gebräuchlichste Form der zweiachsigen elektrischen Lokomotiven ist in Fig. 188 dargestellt. Sie besitzt je nach der verlangten Leistung zwei oder einen Motor. Die Motoren hängen in der üblichen Weise an den Radachsen und sind gegen das Wagenuntergestell abgefedert, wodurch sowohl ein stossfreies Anfahren als auch denkbar grösste Schonung der Motoren gewährleistet wird. Die Motoren sind wasser- und staubdicht eingekapselt. Die Übertragung von der Motorwelle auf die Triebachse geschieht durch ein einfaches gefrästes Zahnradvorgelege aus Stahlguss, welches in gusseisernem Schutzkasten ebenfalls wasser- und staubdicht eingeschlossen ist. Bei Anwendung von nur einem Motor erfolgt der Antrieb auf die eine Achse wie gewöhnlich durch ein Stirnräderpaar und von dieser auf die andere Achse durch Pleuelstangen. Das Untergestell ist aus Profileisen hergestellt und besitzt federnde Lagerung, sowie federnde Zug- und Puffervorrichtung. Die Lokomotive ist mit einer schnell und kräftig wirkenden Handhebelbremse ausgerüstet. Der Schalter gestattet in jeder Fahrtrichtung sieben Geschwindigkeitsabstufungen. Unter der Holzbank befindet sich der Anlasswiderstand, welcher bei den ersten Kurbelstellungen des Kontrollers den Motoren vorgeschaltet ist und dadurch

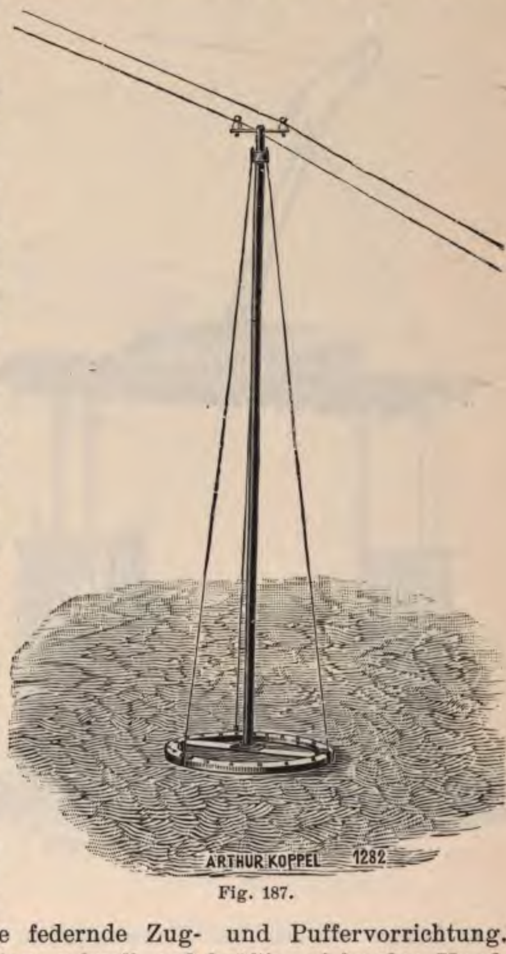


Fig. 187.

ein sanftes Anfahren bewirkt. In der Leitung innerhalb der Lokomotive befindet sich eine Sicherung, welche eine schädliche Überlastung der Motoren verhindert. Die Stellung des Führers ist eine seitliche, sodass er beide Fahrtrichtungen übersehen kann, ohne seinen Standort zu wechseln. Eine in Fig. 189 dargestellte transportable elektrische Feldbahn war auf der Wanderausstellung der deutschen Landwirtschaftsgesellschaft in Hamburg im Juni 1897 im Betriebe zu besichtigen.

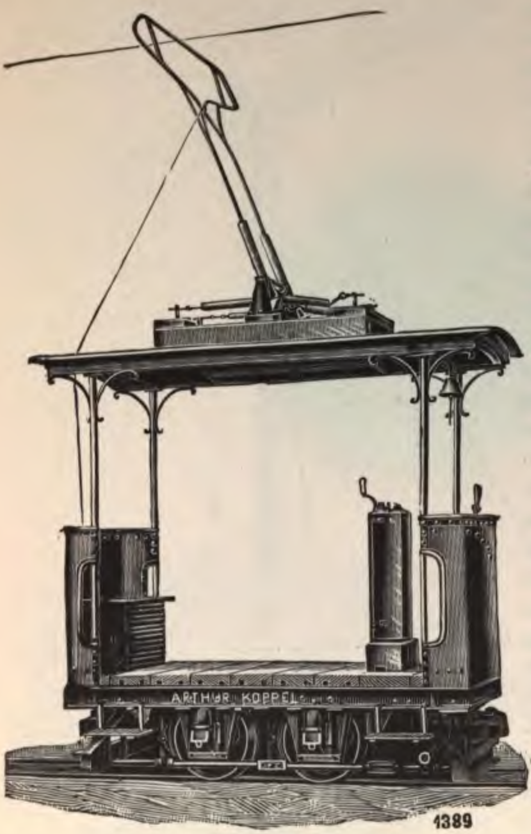


Fig. 188.

Über die von Koppel im Herbst 1897 gebaute elektrische Rübentransportbahn der Zuckerfabrik »Groenendijk« in Holland berichtet Dr. Julius Werther in der ETZ 1898, Heft 15, Seite 234, das Folgende: Dieselbe dient zum Rübentransport zwischen dem etwa $2^1/_2$ *km* entfernten Hafen und der Fabrik. Auf dieser Bahn werden täglich in sieben Arbeitsstunden 175 000 *kg* Rüben aus den Schiffen nach der Fabrik gebracht.

Der Oberbau besteht aus 65 *mm* hohen, 7 *kg-m* schweren Vignolschienen, welche in Gleisrahmen von 600 *mm* Spurweite und 5 *m* Länge auf leichten Stahlschwellen montiert sind; als Stossverbindung dienen Langlaschen. Es wurde eine elektrische Lokomotive von 16 PS und 3300 *kg* Gewicht vorgesehen, welche den Transport mit zwölf angehängten Stahlmuldenkippern von 1 *cbm* Inhalt zu besorgen hat. Der beladene Zug fährt nach der Fabrik und hält längs der Rübenschwemme. Während die Rüben in die



Schiemann, Bahnen. Fig.



Leipzig, Oskar Leiner.



Schiemann, Bahnen.

Schwemme gekippt werden, rangiert die Lokomotive an das andere Ende des Zuges und fährt sodann an der Spitze der Wagen zum Hafen zurück, wo inzwischen ein zweiter Zug von zwölf Wagen beladen worden ist. Diese stösst die Lokomotive hinter eine Ausweichung, wird vom leeren Zuge losgekuppelt und tritt an der Spitze der vollen Wagen wieder die Fahrt nach der Fabrik an. Da die Geschwindigkeit des beladenen Zuges 14 *km* in der Stunde, des leeren Zuges 17 *km* beträgt, so kann alle 20—25 Minuten ein Zug abgelassen werden.

Die Steigungen betragen bis zu 1,7 %; die Kurven sind ausserordentlich scharf und besitzen grösstenteils den Radius von 9,56 *m* an der Aussenschiene.

Die Strecke ist fast durchweg gerade.

Die elektrische Lokomotive hat zwei Hauptstrommotoren von je 8 PS und gleicht der vorher beschriebenen.

Die Bahn führt über eine Drehbrücke von 15 *m* Länge. Um die Mittagszeit, wenn die Schiffe in den Fabrikshafen eingelassen werden, muss die Brücke gedreht und der Leitungskontakt zu beiden Seiten der Brücke sowohl an dem Fahrdrahte als an den Schienen unterbrochen werden. Da während dieser Zeit der Bahnbetrieb stillsteht, so war es nicht nötig, Speiseleitungen durch den Kanal zu legen, es mussten jedoch in den Fahrdraht wie in die Schienen zu beiden Seiten der Brücke Kontaktvorrichtungen eingebaut werden. Diese sind aus Rotguss hergestellt und so konstruiert, dass durch Anziehen bezw. Lösen von vier Schrauben die vier Kontakte hergestellt bezw. unterbrochen werden.

Es wurden einige oberflächliche Messungen vorgenommen, um erstens den Wirkungsgrad der Lokomotive, zweitens den Bahnwiderstand für die Lokomotive einerseits, für die Wagen anderseits in der Geraden und in Kurven zu bestimmen. Als Instrumente dienten ein Strommesser, ein Spannungsmesser und ein Dynamometer. Bei den Messungen befand sich die Kurbel des Regulators in der letzten Stellung, die beiden Motoren arbeiteten also annähernd mit der vollen am Voltmeter beobachteten Spannung ohne Vorschaltung von Widerständen.

Die Messmethode beruht auf dem Arbeitsvorgang in der Lokomotive. Die in die Lokomotive eingeleitete elektrische Energie ist gleich der am Radumfang der Triebachse abgegebenen mechanischen Energie abzüglich der Verluste in den Motoren, im Zahnradvorgelege und an den Triebachsen; oder allgemeiner ausgedrückt, die in die Lokomotive eingeleitete elektrische Energie multipliziert mit dem Wirkungsgrade der Lokomotive ist die am Triebradumfang ab-

gegebene mechanische Energie. In Form einer Gleichung lautet dieser Satz:

$$\frac{i \cdot e \cdot \eta}{736} = \frac{(Z_l + Z_g)\, v}{75}.$$

Hierin bedeutet: i die Stromstärke in Ampere, e die Spannung in Volt, η den Wirkungsgrad der Lokomotive, v die Fahrgeschwindigkeit in *m*-Sek., Z_l die für die Lokomotive vom Gewicht L aufzuwendende Zugkraft in Kilogramm, Z_g die für die angehängten Wagen vom Gesamtgewicht G aufzuwendende Zugkraft in Kilogramm.

In obiger Gleichung sind i, e, Z_g und v messbare Grössen. Die beiden Unbekannten η und Z_l sind daher zu berechnen, wenn für zwei verschiedene Wagenkolonnen vom Gewichte G_1 und G_2 zwei Messungen gemacht werden.

Auf einer Steigung von 0,53% und 100 *m* Länge wurden bei windstillem, ziemlich trockenem Wetter kurz nacheinander zwei Messungen mit zwölf bezw. sechs beladenen Muldenkippern ausgeführt. Es wurden folgende Werte beobachtet:

$$Z_{g1} = 225, \quad i_1 = 23{,}0, \quad e_1 = 505, \quad v_1 = 3{,}33$$
$$Z_{g2} = 110, \quad i_2 = 16{,}5, \quad e_2 = 525, \quad v_2 = 4{,}17.$$

Demnach ist:

$$1) \quad \frac{Z_l + 225}{\eta} = \frac{23 \cdot 505 \cdot 75}{3{,}33 \cdot 736} = 356;$$

$$2) \quad \frac{Z_l + 110}{\eta} = \frac{16{,}5 \cdot 525 \cdot 75}{4{,}17 \cdot 736} = 212.$$

Aus diesen Gleichungen folgt:

$$Z_l = 356\,\eta - 225,$$
$$Z_l = 212\,\eta - 110.$$

Folglich ergeben sich die Werte:

$$\eta = \frac{115}{144} = 0{,}8,$$
$$Z_l = 356 \cdot 0{,}8 - 225 = 60\ kg.$$

Streng genommen ist η in beiden Gleichungen nicht identisch, sondern für jede Messung verschieden. Werden aber die Beanspruchungen der Motoren so gewählt, dass ihre Wirkungsgrade nicht viel vom günstigsten Wirkungsgrade abweichen, dann können diese nur um wenige Prozente differieren; die Rechnung ergiebt dann den mittleren Wert beider Wirkungsgrade.

Weitere Messungen wurden bei windigem Wetter ausgeführt. Der Einfluss des Windes, welcher der Zugrichtung entgegengesetzt

wehte, zeigte sich deutlich in dem grösseren Kraftbedarf für die Lokomotive. Die Rechnung ergab nämlich für Z_l Werte bis 85 *kg*.

Jeder mit Rüben beladene Muldenkipper von 1 *cbm* Inhalt wiegt ca. 1100 *kg* brutto, die Lokomotive ca. 3300 *kg*. Das Gesamtgewicht von zwölf Rübenwagen beträgt daher 13 200 *kg*, dasjenige von sechs Rübenwagen 6600 *kg*. Bezeichne Q das Gewicht des ganzen Zuges einschliesslich der Lokomotive in Tonnen, s die Steigung in Millimeter pro Meter und r den Widerstand auf gerader wagerechter Bahn in Kilogramm-Tonne fortbewegter Last, so besteht die Gleichung:

$$Q\,(r + s) = Z_l + Z_g.$$

Werden die bei derartigen Versuchen benutzten Werte in diese Gleichung eingesetzt, so folgt:

$$1)\quad 16{,}5\,(r + 5{,}3) = 225 + 60$$

$$r = \frac{285}{16{,}5} - 5{,}3 = 11{,}97\ kg;$$

$$2)\quad 9{,}9\,(r + 5{,}3) = 110 + 60$$

$$r = \frac{170}{9{,}9} - 5{,}3 = 11{,}87\ kg.$$

Also sind in beiden Fällen ca. 12 *kg* Zugkraft in der Ebene für die Tonne fortzubewegenden Zuggewichts nötig.

Der Bahnwiderstand der Lokomotive ergiebt sich aus:

$$L\,(r_l + 5{,}3) = Z_l,$$

$$3{,}3\,(r_l + 5{,}3) = 60,$$

$$r_l = \frac{60}{3{,}3} - 5{,}3 = 12{,}9\ kg.$$

Der Bahnwiderstand der angehängten Wagen ergiebt sich aus:

$$G\,(r_g + s) = Z_g.$$

$$1)\quad 13{,}2\,(r_g + 5{,}3) = 225$$

$$r_g = \frac{225}{13{,}2} - 5{,}3 = 11{,}75\ kg;$$

$$2)\quad 6{,}6\,(r_g + 5{,}3) = 110$$

$$r_g = \frac{110}{6{,}6} - 5{,}3 = 11{,}4\ kg.$$

Im Mittel ist also $r_g = 11{,}6$ *kg*.

Die Thatsache, dass der Bahnwiderstand der Lokomotive nur ca. 11 % grösser ist als derjenige der Wagen, ist sehr bemerkenswert. Dieses günstige Resultat beweist ziffernmässig die Vorzüge des rotierenden Antriebsmechanismus der elektrischen Lokomotive vor der Dampflokomotive, welche eine weit grössere Zugkraft im Verhältnis zu den Wagen benötigt.

Ganz in derselben Weise wie in der Geraden wurden auch in Kurven von rund 10 *m* Radius Messungen angestellt. Danach ergab sich der Kurvenwiderstand, d. h. der Widerstand, welcher in ebenen Kurven zu dem mit 12 *kg* gefundenen Bahnwiderstand der Geraden hinzukommt, für den ganzen Zug mit 5,5, für die Lokomotive mit 8 und für die Wagen mit 5 *kg*. Der Radstand der Lokomotive beträgt 720 *mm*, der Radstand der Wagen 650 *mm*.

Besonders hervorzuheben sind die Messungen der Zugkräfte und des Stromverbrauchs beim Anfahren des Zuges. Es wurden nacheinander zwölf, sechs und ein Wagen von 1100 *kg* Bruttogewicht an die Lokomotive angehängt. Das Anfahren der letzteren erfolgte stets auf demselben Gleisrahmen auf ebener Strecke. Die Zugkräfte schwankten beim Anzug von zwölf Wagen zwischen 500 und 650 *kg*, betrugen beim Anzug von sechs Wagen ca. 450 *kg* und beim Anzug eines Wagens ca. 250 *kg*. Der Strommesser zeigte beim Anzug trotz der Verschiedenheit der Zugkräfte stets annähernd auf 30 Ampere bei 530 Volt. Zugkräfte und Stromstärken verhielten sich also keineswegs proportional der Wagenzahl; vielmehr stieg die Zugkraft in weit kleinerem Masse und betrug bei zwölf Wagen nur das 2—$2^1/_2$ fache des Wertes für einen Wagen, während der Stromverbrauch in allen Fällen konstant blieb. Beide Resultate erklären sich daraus, dass das Anfahren der Lokomotive stets nach vorangegangener Bremsung erfolgt, bei welcher die Wagen dicht aneinander aufrücken, sodass Puffer an Puffer stossen. Der erste Stromimpuls hat daher nur das Anfahren der Lokomotive selbst zu bewirken, beträgt im vorliegenden Falle 30 Ampere und ist offenbar grösser als die Anfahrstromstärke jedes Wagens zuzüglich der Stromstärke, welche für den bereits in Bewegung befindlichen Teil des Zuges benötigt wird. Dass das Dynamometer nicht in gleicher Weise wie der Strommesser konstant anzeigte, ist daraus zu erklären, dass die dem ersten Stromimpuls entsprechende Zugkraft, welche für das Anfahren der Lokomotive erforderlich ist, auf das hinter der letzteren befestigte Dynamometer nicht wirken konnte.

Eine ungefähre Betriebskosten-Berechnung soll an Hand eines Beispiels zahlenmässig darthun, dass sich der elektrische Transport auf derartigen kleinen Bahnen wesentlich günstiger stellt, als jede andere Betriebsart.

Für eine Dampfziegelei sollen in 200 Tagen 10000 *cbm* Thon transportiert werden. Die Länge der Strecke betrage 1000 *m*. Die Spurweite sei 500 *mm*. Steigungen seien in 1 % vorhanden.

a) Elektrischer Betrieb.

Eine vorhandene Lichtmaschine mit 110 Volt Klemmenspannung soll auch zur Stromerzeugung für den Transport dienen. Die Kraftstation sei für Licht und Transport gleich stark beansprucht. Daher entfällt die Amortisationsquote für die Centralstation zur Hälfte auf die Beleuchtungskosten, zur Hälfte auf die Transportkosten. Die Geschwindigkeit betrage im Mittel 15 *km*-Std., mithin die

Dauer der Hin- und Rückfahrt $\frac{60 \cdot 2}{15} =$	8 Minuten
Zuschlag für Verschiebedienst	5 »
Zusammen	13 Minuten.

Zur Verwendung komme eine 6 PS elektrische Lokomotive von 1500 *kg* Eigengewicht. Dieselbe zieht drei beladene Muldenkipper von $^3/_4$ *cbm* Inhalt auf der angegebenen Steigung. Das tägliche Transportquantum beträgt $\frac{10000}{200} = 50$ *cbm* $= \sim 100$ *t*.

Ein Wagen fasst 1,5 *t*, also müssen täglich $\frac{100}{1{,}5 \cdot 3} = \sim 22$ Fahrten stattfinden.

Es wird direkt nach Bedarf in die Ziegelpresse entladen. Daher sind drei Züge mit je drei Wagen, zusammen neun Wagen erforderlich.

Das Anlagekapital beträgt hierfür nach Koppel'schen Preisen:

I.	Oberbau	ℳ	2740,—
II.	Elektrische Streckenausrüstung	»	2155,—
III.	Rollendes Material	»	4355,—
IV.	Schalttafel und Leitungsanschlüsse	»	190,—
V.	Montage etc.	»	560,—
	in Summa	ℳ	10000,—

Betriebskosten-Berechnung.

a) Unterhaltungskosten

1.	des Oberbaues 5 % von ℳ 2740	ℳ	137,—
2.	der elektrischen Streckenausrüstung 4 % von ℳ 2155	»	86,20
3.	des rollenden Materials 3 % von ℳ 4355	»	130,65
4.	der Centralstation (ca. 5000 ℳ Anschaffungskosten) die Hälfte von 4 %, also 2 % von ℳ 5000	»	100,—

b) Gehälter

5.	des Lokomotivführers (200 Tage)	»	700,—
6.	der Hilfskraft für den Maschinisten	»	500,—
	Transport:	ℳ	1653,87

Transport: ℳ 1653,85

c) Material-Verbrauch

7. Tages-Energie-Verbrauch = 11,3 Kilowattstund. an der Dynamo, d. i. $= \frac{11{,}3 \cdot 1000}{736 \cdot 0{,}87} = \sim 17{,}6$ Pferdekraftstunden an der Dampfmaschine, also mit Zuschlag für Leerlauf der Dynamo, Anfahren und Bremsung etc. ca. 20 Pferdekraftstunden. Kohlenverbrauch $20 \cdot 2 = 40$ *kg* Kohle, d. i. bei 200 Arbeitstagen $40 \cdot 200 = 8000$ *kg* Kohle rund 2 ₰ . . im Mittel = ℳ 160,—
dazu für Anheizen 10% » 16,—
ℳ 176,— » 176,—

d) Putz- und Schmiermaterial

8. für das rollende Material 1% von ℳ 4355 . » 43,55
9. für die Dynamo- und Dampfmaschine die Hälfte von 1%, also ½% von ℳ 5000 . . . . » 25,—

e) Zinsen und Amortisation

10. für die Centralstation 6% von ℳ 5000 . . » 300,—
11. für das übrige Anlagekapital 12% von ℳ 10000 » 1200,—

Gesamtbetriebskosten ℳ 3398,40
d. i. 20000 *tkm* Nutzlast = ∾ » 3400,—
oder 1 *tkm* = 17 ₰
1 *cbm*/*km* = 8,5 ₰

b) Pferde-Betrieb.

Ein Pferd kann durchschnittlich 50 *kg* Zugkraft entwickeln und durchschnittlich nicht mehr als 30 *km* am Tage leisten. Es zieht somit $\frac{50}{11{,}6} = 4{,}3\ t$ auf Feldbahngleisen, d. i. in unserem Falle = 3 beladene Muldenkipper von je ¾ *cbm* Inhalt.

Dauer der Hinfahrt ⅓ Stunde = 20 Minuten
» » Rückfahrt ⅓ » = 20 »
Zuschlag für Umspannen . . = 10 »
Zusammen 50 Minuten.

Also kann ein Pferd bei 8 stündiger Arbeitszeit $\frac{8 \cdot 60}{50} = \sim 9$ mal täglich hin- und zurückfahren und transportiert täglich $3 \cdot 1{,}5 \cdot 9 = 40{,}5\ t$ Nettolast. Es sind somit $\frac{100}{40{,}5} = \sim 3$ Pferde erforderlich.

Das Anlagekapital beträgt für:

I. Oberbau	ℳ	2740,—
II. Rollendes Material	»	2565,—
III. drei Pferde mit Geschirr	»	2400,—
IV. Gleismontage	»	295,—
V. Stallung	»	2000,—
in Summa	ℳ	10000,—

Betriebskosten-Berechnung.

a) Unterhaltungskosten		
1. des Oberbaues 5% von ℳ 2740	ℳ	137,—
2. des rollenden Materials 3% von ℳ 2565	»	76,95
3. der Pferde und Geschirre 5% von ℳ 2400	»	120,—
4. des Stalles 1% von ℳ 2000	»	20,—
b) Gehälter		
5. der drei Wagenführer	»	2100,—
6. des Stallhüters	»	700,—
c) Futter		
7. für drei Pferde	»	2250,—
d) Putz- und Schmiermaterial		
8. für das rollende Material 1% von ℳ 2565	»	25,65
e) Zinsen und Amortisation		
9. für die Pferde und Geschirre 24% von ℳ 2400	»	576,—
10. für den Oberbau und das rollende Material 10% von ℳ 5305	»	530,50
11. für die Stallung 8% von ℳ 2000	»	160,—
Gesamtbetriebskosten	ℳ	6696,10
= ∾	»	6700,—

d. h. also nach ungefährer Rechnung beinahe doppelt so teuer wie bei elektrischem Betriebe.

Die Betriebsresultate der Zuckerfabrik Zülz (O.-Schl.) an einer Koppel'schen Industriebahn liegen vor und mögen als Ergänzung und Beleg für die vorstehenden theoretischen Berechnungen hier folgen.

Bei vollem Campagnebetrieb, und zwar vom 4. Oktober bis 17. Dezember 1898, sind ausgegeben:

Löhne für Zugführung, Bremsung und Wärterdienst laut Lohnbuch	ℳ	446,92
Kohle für 62 Tage, je 900 *kg*	»	479,88
Öl für Centralstation, $2^1/_2$ *l* für jeden Tag = $62 \cdot 2^1/_2 = 155$ *l* = 150 *kg*, je 33 ₰	»	49,50
$^1/_2$ *l* Cylinderöl für jeden Tag = 31 *kg*, je 56 ₰	»	17,36
$^1/_2$ *l* kons. Fett am Tag = 31 *kg*, je 48 ₰	»	14,88
Transport:	ℳ	1008,54

Transport: ℳ 1008,54

Zum Schmieren der Wagen wird Ablauföl verwendet.

3 % Zinsen des Anlagekapitals ℳ 34000 .	ℳ 1020	
10 % Amortisation ℳ 34000	» 3400	
	ℳ 4420	
bei 300 Arbeitstagen ergeben sich 14,70 ℳ für 1 Tag, d. i. für die Campagne 62 · 14,70 .		» 911,40
		ℳ 1919,94

Ausserhalb der Campagne wird die Bahn zu anderen Zwecken benutzt. Thalwärts wurden befördert 267546 Ctr. in Gestalt von Kohlen, Steinen, Rüben, Koks und Verschiedenes; Schnitte und Zucker gingen bergwärts, sodass auf den Centner befördertes Gut 0,72 ₰ entfallen bei einer Beförderungsstrecke von annähernd 1000 *m*. Das *t/km* kostet demnach 14,2 ₰.

Diese äusserst geringen Kosten würden noch eine weitere Verminderung erfahren haben, wenn nicht, wie es in der Natur der Güterbeförderung liegt, durch unregelmässige Gütereingänge häufige Pausen entstanden sein würden.

Zur Anfertigung vollständiger Projekte und genauer Kostenanschläge für Feld- und Waldbahnen sind nachstehende Fragen unter Einsendung von Lage-Plänen der Bahnstrecke, aus welchen auch die Lage der Maschinenstationen und der übrigen an der Strecke liegenden Baulichkeiten hervorgehen, unentbehrlich, sofern der projektierende Ingenieur nicht selbst die betreffenden Vorstudien machen kann.

Fragen	Antworten
1. Was für Material soll transportiert werden?	
2. Wie gross ist das tägliche Transportquantum in jeder Richtung und in wieviel Arbeitsstunden ist es zu transportieren?	
3. Wieviel Wagen sind bereits vorhanden?	
4. Wie sind die Hauptangaben für die Wagen? Type der Wagen? Wageninhalt? Wagengewicht? Spurweite? Radstand? Länge des Untergestells (einschliesslich der Puffer)? Höhe der Puffermitte über Schienenoberkante? Breite des Untergestells? Länge des Wagenaufsatzes? Breite des Wagenaufsatzes?	Durch eine Mass-Skizze zu erläutern.

Fragen	Antworten
5. Wie ist das Terrain beschaffen, auf dem die Bahn angelegt werden soll (ob Acker, Wiese, Wald, Chaussee, Feldweg, gepflasterter Hof etc.)?	
6. Ist durch eine Durchfahrt eine Maximalhöhe des Leitungsdrahtes vorgeschrieben und wie gross ist dieses Mass?	
7. Ist durch einen Wegübergang oder durch den Verkehr von Erntewagen eine Mindesthöhe des Leitungsdrahtes vorgeschrieben und wie gross ist dieses Mass?	
8. Wie sind die Hauptangaben für die Bahnstrecke: Gesamtlänge? Anzahl der Kurven? Grösse der Kurvenradien? Steigungsverhältnisse? Grösste bergauf zu befahrende Steigung in %? Länge dieser Steigung? Anzahl der Ausweichungen? Anzahl der Kreuzungen?	Durch den Lageplan zu erläutern.
9. Sollen vorhandene Gleise benutzt werden?	
10. Wie sind die Hauptangaben für die Gleise: Gesamtlänge? Schienenhöhe? Schienenprofil (skizziert, bezw. Gewicht der Schiene für das Meter? Holz- oder Stahlschwellen? Schwellenprofil und Anzahl der Schwellen eines Gleisrahmens? Länge der Gleisrahmen? Art der Stossverbindung?	
11. Findet ein Verlegen der Gleise statt und wie oft?	
12. Soll eine vorhandene Dynamomaschine zur Stromerzeugung dienen?	
13. Wie sind die Hauptangaben für diese Dynamomaschine: Spannung in Volt? Stromstärke in Ampere?	

Fragen	Antworten
14. Soll eine vorhandene Kraftmaschine (Dampfmaschine, Turbine, Gasmotor etc.) zum Antrieb der Dynamomaschine dienen?	Nur zu beantworten, wenn eine **neue** Dynamomaschine veranschlagt werden soll.
15. Wie sind die Hauptangaben für diese Kraftmaschine: Zum elektrischen Betrieb abzugebende Leistung in effektiven Pferdestärken? Umdrehungszahl i. d. Minute? Durchmesser und Breite der Antriebsscheibe? Art der Maschine (liegende oder stehende, Eincylinder- oder Compound-Dampfmaschine, Steuerung u. s. w.)?	
16. Sollen vorhandene Kessel zur Dampferzeugung dienen?	Nur zu beantworten, wenn eine **neue** Dampfmaschine veranschlagt werden soll.
17. Wie sind die Hauptangaben für diese Kessel: Dampfdruck in Atm. abs.? Wasserberührte Heizfläche in *qm*? Art der Kessel (Cornwall- oder Wasserrohrkessel)?	
18. Wie gross ist die Länge der Speiseleitung, d. h. die Entfernung der Dynamomaschine bis zum nächsten Punkte der Bahnstrecke?	Durch Lageplan zu erläutern.
19. Wie viel Meter der Speiseleitung sind durch geschlossene Räume zu führen, wie viel Meter im Freien zu verlegen?	
20. Liegt die Maschinenstation an einem Ende der Bahnstrecke oder in welcher Entfernung hiervon liegt sie?	
21. Soll die Dynamomaschine auch zur Beleuchtung oder zum Motorenantrieb dienen? Zur Zeit des Bahnbetriebes oder ausserhalb dieser Zeit?	
22. Wieviel Strom in Ampere wird hierfür benötigt od. wie gross ist die: Anzahl der Glühlampen? Anzahl der Bogenlampen? Anzahl der Elektromotoren? Leistung der einzelnen Elektromotoren in effektiven Pferdestärken?	

Namen- und Sachregister.

(Die Zahlen beziehen sich auf die Seiten.)

Druck von Oskar Leiner in Leipzig. 46220

VIII.

Statistik elektrischer Bahnen.

Erläuterung.

Obgleich dieses Werk nicht ein jährlich erscheinendes sein kann, wird zur Vervollständigung desselben die Namhaftmachung bestehender elektrischer Bahnanlagen nicht umgangen werden können, und mögen daher die nachfolgenden, von Herrn Julius Weil, Darmstadt, gesammelten und mir zur Veröffentlichung überlassenen Daten folgen: Dieselben sind von den Bahnbauenden und -betreibenden Firmen bereitwilligst zur Verfügung gestellt, und dürften daher wohl den Anspruch auf Richtigkeit und Genauigkeit erheben können. Das hier gegebene Bild genügt, um zu zeigen, wie weit der elektrische Betrieb Wurzel gefasst hat.

Solche statistische Zahlen bieten dem Laien sowohl als dem Eingeweihten durch Ermöglichung interessanter Vergleiche eine Menge neue Anregungen und können gleichzeitig dazu dienen, Behörden, Gesellschaften, Unternehmern und dergl. Material zur richtigen Beurteilung und Nachahmung an die Hand zu geben.

Um die Statistik jederzeit erweitern zu können und sie mit der Zeit mitgehen zu lassen, sind die Kolumnen für weitere handschriftliche Eintragungen vorgesehen worden.

Sollte einer der geehrten Leser irgend welche Fehler der Unvollkommenheit der Statistik entdecken, so würde ich im Interesse der Allgemeinheit jede Korrektur mit Dank entgegennehmen, um für die nächsten Auflagen vollkommenere Daten liefern zu können.

Die Statistik zerfällt in:

1. Tabellen der bahnbauenden Firmen nach Firmen geordnet.
2. Ländertabellen nach Ländern geordnet.

Die Ländertabellen enthalten die nachfolgenden Firmenabkürzungen:

Brown, B. & Co. = Brown, Boveri & Co., Baden - Schweiz.
Körting = Gebr. Körting, Körtingsdorf b. Hannover.
Křižik = Fr. Křižik, Prag, Karolinenthal.
A. E. G. = Allgemeine Elektrizitäts - Gesellschaft, Berlin.
Schuckert & Cie. = Elektrizitäts-Aktien-Gesellschaft, vorm. S. Schuckert & Co., Nürnberg.
S. & H. = Siemens & Halske, Aktien - Gesellschaft, Berlin.
Union = Union, Elektrizitäts - Gesellschaft, Berlin.
Singer & Cie. = Elektrizitäts - Gesellschaft, vorm. Felix Singer & Co., Aktien-Gesellschaft, Berlin.
Kummer = Aktien-Gesellschaft-Elektrizitätswerke (vorm. O. L. Kummer & Co.), Dresden - Niedersedlitz.
Hagen = Akkumulatorenfabrik A.-G., in Berlin.
Pollak = Akkumulatorenwerke, System Pollak, Frankfurt a/M.
Int. El. Ges., Wien = Internationale Elektrizitätsgesellschaft Wien.
Ganz & Cie. = Ganz & Co., Budapest.
Stern & Hafferl = Stern und Hafferl, Wien.
Ges. f. el. Unt., Prag = Gesellschaft für elektrische Unternehmungen der Stadt Prag.
Cie. de l'Ind. él., Genf = Compagnie de l'Industrie éléctrique, Genf.
Oerlikon = Maschinenfabrik Oerlikon bei Zürich.
Cie., Liège = Compagnie Internationale Éléctrique, Liège.
S. A., Belfort = Société Alsacienne de constructions mechaniques à Belfort.
Co. Serbo - Erançaise = Compagnie Serbo - Française, Belgrad.
Wandruszka = Elektrizitäts-Gesellschaft Wandruszka & Cie., Berlin, Europäische Generalvertretung der Steel Motor Co., Johnstown, Pa.
Cie. de Tram., Paris = Compagnie Générale Française de Tramways, Paris.
Helios = »Helios«, Elektrizitäts - Aktien - Gesellschaft, Köln a/Rh. - Ehrenfeld.
Lindner, Halle = R. Lindner, Halle a/S.
Rieter = J. J. Rieter, Winterthur.
Cie., New - York = Thomson Houston Co., New - York.
Mather & Platt = Mather & Platt, Ltd., Manchester.

	Dampfmaschinen		Dynamos		Gesamtleistung der Dynamos	Bemerkungen
e	Anzahl	PS	Anzahl	Spannung Volt	KW	
	1 3	400 110	8	500	500	In Verbindung m. d. Elektrizitätswerk.
	3	110	6	500	226	„ „ „ „ „
	2	300	3	500	415	4 Sprengwagen.
	4	175	4	500	480	
	3	300	3	500	620	
n mit der Kraftstation der nbahn Braunschweig				500	—	
16 2	5	180	10	500	678	
	4	150 165	8	500	460	
	4	180	8	500	490	
	5	115	3	500	380	
	3	200	6	500	415	
2 0	3	180	6	500	360	
	3	200	3	500	415	
liefert das städtische itätswerk				500	—	
	3	180	6	500	360	
	3	150	6	500	310	
fert die Officine Elettriche resi (7000 P S)				500	—	Ausserdem 2 Drahtseilbh. m. el. Antrieb: 1. Streckenlänge 0.74 *km*, grösste Steig. 1—4.8 *m*, Höhenuntersch. 104 *m*; 2. Streckenlänge 0.65 *km*, grösste Steig. 1—2.7 *m*, Höhenuntersch. 172 *m*.
				500	—	
				500	—	
	3	175	6	500	360	In Verbind. mit dem Elektrizitätswerk.
liefert das städtische itätswerk				500	—	
	3	175	6	500	360	
liefert das Württember- Portland-Cementwerk				500	—	
	2	200	4	500	275	
	3	200	6	500	410	
	4	175	8	500	480	
	1	125	1	500	120	In Verbindung m. d. Elektrizitätswerk.
	5	370	5	500	1270	
	2	550	2	500	750	
	3	180	6	500	360	
	4	200	8	500	550	
	2	100	2	500	144	
	2	250	4	500	345	
ert das Elektrizitätswerk . Sevilliana de Electricidad				500	—	
	4	250	3	500	600	
	2	150	2	500	260	
	3	100	3	500	—	Strom lief. das städt. Elektrizitätswerk.
liefert das städtische itätswerk				500	—	
ratoren à 100 PS			2	600	96	Elektrische Ausrüstung geliefert. Erbaut von Wilh. Reisser in Stuttgart.

nen PS	Anzahl der Dynamos	Spannung Volt	Gesamtleistung der Dynamos KW	Bemerkungen
Electricidad A.-G.		500	—	
,,	,,	500	—	
,,	,,	500	—	
berspree		500	—	
—	—	500	—	
520	1	500	360	
130	3	500	680	
150	2	500	440	
		500	—	
230	2	500	310	
520	1	500	350	
—	—	—	—	
—	—	500	—	
520	1	500	360	
ie. Leist.: 7000 PS		500	—	
,, 7000 ,,		500	—	
ätswerk		500	—	
—	—	—	—	
—	—	—	—	
200	3	500	360	
—	—	—	—	
370	1	500	260	
—	—	500	—	
—	—	—	—	
250	2	500	170	
2000 1000	5	500	3350	
ätswerk		500	—	
—	—	—	—	

19. Karlsruhe.
20. Kiel (Erweiterung).
21. Rheingaubahnen Rüdesheim-Wiesbaden.
22. Saarthalbahn.
23. Strassburg i. Els.

…l …eiz- …che …m	Dampfmaschinen An-zahl	Leistung per Maschine PS	Dynamos An-zahl	Spannung Volt	Gesamt-leistung der Dynamos KW	Bemerkungen
—	—	—	—	—	—	Zur Probe. Reiner Akkumulat.-Betrieb.
…le Berliner Elektrizitätswerke					800	Gemischter „
…le Dresdner Elektrizitätswerke					1750	„ „
						Im Bau weitere 81 Wagen, Gemischter Akkumulatorenbetrieb.
…le der Akkumulatorenfabrik A.-G.					300	Gemischter Akkumulatorenbetrieb.
…iedene Bahncentralen					2420	Gemischter „ Teilweise noch im Bau.
…le der Stadt						Reiner „
						Für die Kgl. Bayr.-Pfälz. Eisenbahnen zur Probe. Reiner Akkumul.-Betrieb.
…entrale Bahnhof Ludwigshafen u.Neustadt					130	Reiner Akkumulatorenbetrieb.
						„ „
						„ „
						Gemischter „
						Reiner „
						Für die Kgl. Württemberg. Eisenbahn: Untertürkheim-Kornwestheim. Reiner Akkumulatorenbetrieb.

…l …eiz- …che …m	Dampfmaschinen An-zahl	Leistung per Maschine PS	Dynamos An-zahl	Spannung Volt	Gesamt-leistung der Dynamos KW	Bemerkungen
—	1	35 nur teilweise für Bahnbetrieb	1	220	25	Akkumulatorenbetrieb mit automatischer Nachladung an dem einen Endpunkte. (System Pollak).

sedlitz.

Dampfmaschinen An-zahl	Dampfmaschinen Leistung pro Maschine PS	Dynamos An-zahl	Dynamos Spannung Volt	Gesamt-leistung der Dynamos KW	Bemerkungen
1	115	2	550	176	Direkt. Anschl. an die bayer. Staatsbahn.
ert die Lichtcentrale				—	Akkumulatorenbetrieb.
2	170	2	500	230	Direkt. Anschl. an d. Dresdner Strassenb.
2	70	2	260	108	Batterie zu 450 Volt.
3	105	3	550	225	1 Lichtbatterie u. 1 Bahnbatterie. Kraftstation für Bahn u. Licht 2×250 Volt. (Neufahrwasser) Maschinen beliebig schaltbar.
2	250	2	550	340	
3	115	3	260	230	
4	250	4	550	840	
—	—	—	—	14	Kohlenbeförderungsbahn vom Bahnhof Benfeld zur Fabrik.
—	—	—	—	170	Einphasiger Wechselstrom.
—	—	—	—	20	Pufferbatterie. Sandbeförderungsbahn.
2	235	2	500	320	
—	—	2	500	670	Im Bau. Wasserkraft. Drehstrom. Dampf-Lokomotiven als Reserve.
—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	
—	—	—	220	—	Holzbahn. Torfbahn.
2	350	2	560	480	Pufferbatterie 500 Volt.
					Ferner lieferte die Gesellschaft bezw. befinden sich im Bau 24 Motorwagen und 4 Lokomotiven.

Dampfmaschine An-zahl	Dampfmaschine Leistung pro Maschine PS	Dynamos An-zahl	Dynamos Spannung Volt	Gesamt-leistung der Dynamos KW	Bemerkungen
—	—	—	15000/750	—	Normale Vollbahn mit Drehstrombetrieb.
—	—	3	5000/500	850	Reine Zahnradbahn „
Maschinenfabrik Oerlikon ausgeführt					„ „ „
—	—	—	400	—	Drehstrombetrieb mit 2 Luftleitungen.
—	—	2	750	320	Teils Adhäsion-, teils Zahnstrecke. Drehstrombetrieb.
—	—	3	450	—	3 Heilmann-Lokomotiven.

...nen ...g per ...e PS	Dynamos Anzahl	Dynamos Spannung Volt	Gesamtleistung der Dynamos KW	Bemerkungen
	1	600	45	2,5 *km* in Betrieb, 7.2 *km* im Bau.
	—	600	—	1 Lokomotive.
	—	800	—	Elektrische Drahtseilbahn.
	2	550	300	
	1	600	45	
	—	500	—	
	3	550	—	
	—	600	—	
	2	550	300	
	—	110	—	
	—	500	—	
)	—	—	—	Centrale in Maria-Trost.
)	1	—	150	
	—	600	—	Eine Linie oberirdisch und eine Linie unterirdisch.
	3	600	390	
)	1	350	70	
	—	—	—	
	—	600	—	
	2	600	340	Zahnradbahn.
)	2	500	340	
	1	1600	90	
	1	550	35	
...lche 12000 Volt umformt.			—	

lgien).

Dynamos		Gesamtleistung der Dynamos	Bemerkungen.
Anzahl	Spannung Volt	KW	
3	550	150	Die Gesellschaft beschäftigt sich jetzt nur noch vorzugsweise mit der Herstellung von Strassenbahn-Materialien.

Dynamos		Gesamtleistung der Dynamos	Bemerkungen.
Anzahl	Spannung Volt	KW	
3	500	450	für Bahn.
17	4 à 2000 3 à 2000 10 à 150	1160	für Licht.

Dampfmaschinen An-zahl	Dampfmaschinen Leistung pro Maschine PS	Dynamos An-zahl	Dynamos Spannung Volt	Gesamtleistung der Dynamos KW	Bemerkungen
2	180— 230	2		300	
2	220— 300	2		400	
{ 2	220— 280	2		475	
1	100— 150	1			
—	—	—		—	
—	—	—		—	Akk.-Wagen. Nur die elektrische Ausrüstung.
—	—	—		—	Im Bau begriffen.
2	130— 165	4		210	
—	—	—		—	
2	100— 150	2		200	
1	160— 200	1		260	
3	320— 400	3		540	
—	—	—		—	Akkumulatorenwagen.
7	1000—1200	10 2		5600	
3	100— 120	3		220	Im Bau begriffen.
2	120— 150	2		200	
—	—	—		—	
3	175— 230	3		450	
3	180— 230	3		475	Im Bau begriffen. Gemischter Betrieb
{ 2	150— 185	2	500 — 650	340	„ „ „
2	60	2			
2	150— 200	2		260	„ „ „
—	—	—		--	3. Schiene.
3	260— 380	3		720	
—	—	—		—	} Nur die elektrische Ausrüstung.
—	—	—		—	
3	500— 600	3		2250	Im Bau begriffen.
1	800—1000	1			
2	140— 180	4		254	
—	—	—		—	
4	180— 230	4		620	
—	—	1		330	Die elektr. Ausrüstung für die Wagen.
—	—	—		—	Zur Probe.
—	—	—		—	Im Bau begriffen.
2	150— 200	2		220	„ „ „ Ausserdem 6 Akkum., Tender mit je 1 Motor à 30 PS.
} 2	} 130— 170	2		220	
—					Im Bau begriffen.
—	—	4		160	„ „ „ Nur die elektrische Ausrüstung.
—	—	—		—	Im Bau begriffen. Seilwagen.
2	85— 120	2		160	

sel Heiz-läche *qm*	Dampfmaschinen- Anzahl	Dampfmaschinen- Leistung pro Maschine PS	Dynamos Anzahl	Dynamos Spannung Volt	Gesamtleistung der Dynamos KW	Bemerkungen
	4		4	500		Oberleitung, 48 *km* pro Stunde
	3		3	300		
				500		
				500		

sel-Heiz-läche *qm*	Dampfmaschinen- Anzahl	Dampfmaschinen- Leistung pro Maschine PS	Dynamos Anzahl	Dynamos Spannung Volt	Gesamtleistung der Dynamos KW	Bemerkungen
			2	500	100	
			3	500	—	
			3	500	200	
			2	300	—	
			2	500	200	
			2	500	100	
			3	500	100	
—	2	—	2	—	120	

…n pro PS	Dynamos Anzahl	Dynamos Spannung Volt	Gesamtleistung der Dynamos KW	Bemerkungen
	4	550	900	
	2	550	200	
er Barmer		550	—	
	3	500	330	
	3	500	300	
ılen	—	500	—	Südl. u. westl. Vorortbahn u. Linien d. gr. Berl. Strassenb.
	3	500	235	
rale	—	—	—	
50	13	500	1075	55.9 *km* unterirdisch und oberirdisch gemischtes System.
	4	550	800	
	3	600	675	
	2	550	300	
ale	—	—	—	
	—	—	—	Lieferung von Betriebsmitteln.
	—	—	—	Lieferung der Motorwagen nebst elektrischer Ausrüstung.
	—	—	—	Lieferung der elektrischen Ausrüstung vonBetriebsmitteln.
	2	500	200	
ale	—	—	—	
	3	500	250	
	3	500	300	
	—	—	—	
	3	600	330	Güterverkehr.
rale	—	500	—	
	3	500	450	
rale	—	500	—	
	2	550	200	
	2	550	220	
	2	500	350	Ferner noch Strombezug aus städtischer Centrale.
ale	—	—	—	
	4	550	1550	Zwei Kraftstationen.
	3	600	300	Strassenbahn Linz-Urfahr.
ätswerk der Strassenbahn Linz —				
	3	550	330	Ferner noch Strombezng aus fremder Centrale.
ale	—	—	—	
	2	550	130	Für Güterverkehr ausserdem 15 Paar Rollschemel.

n ... ɔro PS	Dynamos Anzahl	Spannung Volt	Gesamtleistung der Dynamos KW	Bemerkungen
ale	—	600	—	
	4	550 5000	900	Zwei Unterstationen.
	3	500	445	
	—	—	—	Lieferung electrischer Ausrüstung und Wagen.
	5	500	800	
	3	550	975	
	2	500	200	
	2	550	200	
	3	550	330	
	—	—	—	Lieferung von Betriebsmitteln.
	—	—	—	Electrische Ausrüstung.
	—	—	—	
e	—	—	—	
	3	550	300	
ıle	—	500	—	
	5	500	875	

Nr.		iwagen	Erbaut von	Bemerkungen
1	Amsterdam	—	A. E. G.	
2	Brüssel .	—	A. E. G.	
3	Brüssel .	—	Schuckert & Cie.	
4	Brüssel .	—	Singer & Cie.	
5	Brüssel .	—	Union	Siehe Tabelle Seite 17.
6	Centre . .	—	Union	
7	Haag - Scheve	—	A. E. G.	
8	Haarlem .	13	S. &. H.	
9	Herstal - lez -	—	Cie., Liège	
10	Lüttich .	—	Union	
11	Lüttich (Est -	—	Union	
12	Verviers .	—	—	

1	Serajewo .	8	S. & H.	

1	Kopenhagen .	—	Hagen	
2	Kopenhagen .	—	Union	Seitliche Rollenführung
3	Kopenhagen .	—	S. & H.	

1	Aachen .	42	Schuckert & Cie.	
2	Aachen . .	—	Union	
3	Aibling (Bad)	6	Kummer	
4	Altenburg .	—	A. E. G.	
5	Altona - Blank	—	Helios	
6	Augsburg . .	4	Schuckert & Cie.	
7	Bamberg . .	—	Singer & Cie.	
8	Barmen . .	2	S. & H.	
9	Barmen (Berg	u. 20 rwagen	S. & H.	
10	Barmen - Schw	4	S. & H.	
11	Barmen - Elbe	—	Union	
12	Berlin . . .	—	Hagen	
13	Berlin . . .	40	S. & H.	
14	Berlin . . .	—	S. & H.	
15	Berlin . . .	—	Union	

Anzahl der		Erbaut von	Bemerkungen
›torwagen	Beiwagen		
1 110	50	A. E. G.	
1 20	—	A. E. G.	
1 235	—	Union	
1komotiven	18	Kummer	
1 18	5	Singer & Cie.	
1 2	—	Hagen	s. Tabelle Seite 3.
1 2	—	Hagen	
1 2	—	Schuckert & Cie.	
1 4	—	Hagen	
1 3	—	Schuckert & Cie.	
1 30	26	A. E. G.	
1 —	—	A. E. G.	
1 119	—	Union	
1 2	2	Oerlikon	
1 6	20	Union	
1 9	8	S. & H.	
1 13	8	Schuckert & Cie.	
1 17	7	Kummer	
1 8	—	Schuckert & Cie.	
1 173	65	Union	
1 1 Lokom.	17	Kummer	Drehstrom.
1 20	—	Schuckert & Cie.	
1 6	—	Schuckert & Cie.	
1komotiven	—	Kummer	
1 68	50	A. E. G.	
1 12	—	Schuckert & Cie.	
1 19	8	S. & H.	
1 13	—	A. E. G.	
1 30	—	Union	
1 —	—	Schuckert & Cie.	
1 8	1	Schuckert & Cie.	
1 18	—	Union	
1 —	—	A. E. G.	
1 22	—	Union	
1 30	14	A. E. G.	Neue Linien in Vorbereitnng.
1 20	10	A. E. G.	
1 6	6	Schuckert & Cie.	
1 1 Lokom.	2	Körting	s. Tab. „Körting“ (liess: Seidenberg).
1 18	8	Union	
1 23	12	Union	
1 24	20	A. E. G.	
1. u. 15 Wag.	—	Kummer	15 Wagen von der Union.
1 82	40	A. E. G.	
1 24	4	A. E. G.	
1 7	4	Singer & Cie.	
1 74	70	A. E. G.	Neue Linien i. Vorbereitung.
1 26	20	A. E. G.	
1 50	29.9	A. E. G.	25 Wagen in Lieferung.

Nr.		agen	Erbaut von	Bemerkungen
157	Thorn . . .	8	Singer & Cie.	
158	Trossingen .	2	A. E. G.	
159	Türkheim .	—	Schuckert & Cie.	
160	Ulm - Neuulm	—	Schuckert & Cie.	
161	Untertürkheim	—	Hagen	
162	Vohwinkel - Dü	—	Schuckert & Cie.	
163	Vohwinkel - Rit	—	Schuckert & Cie.	einschienig, Schwebebahn
164	Waldenburg i.	9	S. & H.	
165	Weimar . .	30	S. & H.	
166	Wiesbaden .	—	Union	
167	Witten a. Rh.	12	Kummer	
168	Zwickau i. S.	2	Schuckert & Cie.	
169	Zwickau - Marie	—	Schuckert & Cie.	

Anzahl der Motorwagen	Anzahl der Beiwagen	Erbaut von	Bemerkungen
30	10	—	
9	—	S. A. Belfort	
7	—	S. A. Belfort	
5	—	S. A. Belfort	
8	—	Cie. New-York	
—		Cie. New-York	
—	—	Cie de Tramw. Paris	
12	—	S. A. Belfort	
6	—	Cie. de Tramw. Paris	
25	—	Cie. de l'Ind. él. Genf	
25	—	—	
2	—	S. A. Belfort	
1	—	Ganz & Cie.	3 Phasenstrombetrieb.
6	—	S. A. Belfort	
9	9	Cie. de l'Ind. él. Gen,	
10	10	Cie. de l'Ind. él. Genf	
40	—	Cie. New-York	
10	—	Cie. New-York	
12	—	Cie. de l'Ind. él. Genf	
5	—	Cte. de l'Ind. él. Genf	
7	—	S. A. Belfort	
200	150	Cie. de Tramw. Paris	
15	—	Oerlikon	
—	—	Cie. de Tramw. Paris	
74	—	—	
31	—	Hagen	
3	—	Hagen	
—	—	Singer & Cie.	
49	—	S. A. Belfort	
12	—	Schuckert & Cie.	Ausserdem 6 Akk.-Tender
14	—	S. A. Belfort	
10	—	S. A. Belfort	
—	—	Singer & Cie.	
8	—	S. A. Belfort	
—	—	Singer & Cie.	
18	—	Cie. New-York	
60	—	—	
30	—	Schuckert & Cie.	
1	—	Singer & Cie.	
15	—	—	
3 Heilmannlokomotiven		Brown B. & Co.	

…n	Anzahl u. Leistung der Motoren HP	Anzahl der Kessel	Dampfmaschinen Anzahl	Dampfmaschinen Gesamtleistung in HP	Dynamos Anzahl	Dynamos Gesamtleistung KW	Bemerkungen
	1 à 15	1	1	60	2	36	
	2 à 15	3	2	220	—	120	
	2	2	2	250	2	550	
	2 à 8	2	2	90	2	—	
	2 à 35	3	4	800	4	500	
	1 à 6	—	—	—	—	—	
	4 à 25	1	1	100	1	60	
	2 à 25	} 4	4	920	4	600	
	2 à 25						
	2 à 25	3	3	1200	3	675	
	2 à 25	2	2	240	2	200	
	—	—	—	—	—	—	
	2 à 25	5	5	100	5	500	
	2 à 25	2	2	240	2	200	
	2 à 25	—	3	3000	3	—	
	2 à 25	4	5	1050	5	800	
	2 à 25	3	3	690	3	450	
	1 à 25	—	2	60	2	—	
	—	—	—	—	—	—	
	2 à 14 u. 52	—	2	150	2	100	
	2 à 25	—	—	—	—	—	
	1 à 12	3	2	200	5	120	
	2 à 12					907	
	2	3	3	470	3		
	2 à 25	5	5	500	5	250	
	2 à 25	2	2	300	4	200	
	4 à 20	3	3	540	3	720	
	4 à 25	4	5	600	2	300	
	—	—	—	—	—	—	
	2 à 25	2	2	800	2	500	
	—	—	—	—	—	—	
	—	6	6	2400	6	1500	
	2 à 15	—	—	—	—	—	
	—	—	—	—	—	—	
	2 à 35	—	2	220	2	150	
	—	--	4	1600	4	—	
	—	—	—	—	—	—	
	—	—	6	6800	6	5100	
	—	—	—	—	3	900	
	—	—	4	1280	4	800	
	—	—	—	—	—	—	
	2 à 25	3	2	300	2	200	
	—	—	—	—	—	—	
	—	—	—	—	—	—	
	—	—	2	40	2	—	
	—	—	—	—	—	—	
	4 à 25	4	5	120	5	330	
	2 à 7	2	2	24	2	40	
	—	—	—	—	—	—	
	—	—	—	—	2	450	
	2 à 15	3	3	375	3	270	
	—	—	—	—	2	—	

Nr.		Erbaut von	Bemerkungen
1	Bergamo . .	inger & Cie.	
2	Catania . . .	inger & Cie.	
3	Florenz . . .	e. New-York	
4	Genua (Ferrovie)	A. E. G.	Ausserdem 2 Drahtseilbahnen mit elektrischem Antrieb.
5	Genua (Orient)	A. E. G.	1) Streckenlänge 0.74 *km*
6	Genua . . .	A. E. G.	2) „ 0.65 „
7	Genua . . .	A. E. G.	
8	Genua . . .	A. E. G.	
9	Genua-Doria-pr	A. E. G.	
10	Genua-Nervi .	A. E. G.	
11	Genua-Sturla-N	A. E. G.	
12	Lecce-St. Catald	inger & Cie.	
13	Livorno . . .	uckert & Cie.	
14	Mailand . . .	—	
15	Mailand . . .	e. New-York	
16	Neapel . . .	Union	
17	Palermo . . .	uckert & Cie.	
18	Rocca-Monreale	uckert & Cie.	
19	Rom	inger & Cie.	
20	Turin . . .	Hagen	
21	Turin . . .	uckert & Cie.	
22	Turin . . .	S. & H.	
23	Varèse-Lacre-M	e. New-York	

1	Bergen . . .	Union	
2	Christiania . .	A. E. G.	
3	Christiania . .	huckert & Cie.	
4	Christiania . .	Union	
5	Holmenkollen .	huckert & Cie.	
6	Stockholm-Djur	ather & Platt	

1	Aussig . . .	Union	
2	Baden-Vöslau	huckert & Cie.	
3	Belvedère-Baum	Křižik	
4	Bielitz-Zigeuner	. E. G., Wien	
5	Bleiberg . . .	Ganz & Cie.	
6	Bozen-Gries .	S. & H.	
7	Brünn . . .	Union	
8	Czernowitz . .	huckert & Cie.	
9	Fiume . . .	Singer & Cie.	

Nr.	Anzahl der Motor-wagen	Anzahl der Bei. wagen	Erbaut von	Bemerkungen
10	16	10	Union	
11	—	—	S. & H.	
12	4	—	Stern & Hafferl	
13	40	—	S. & H.	
14	8	5	Cie. de l'Ind. él., Genf	
15	5	—	Schuckert & Cie.	
16	12	15	Ges. f. el. Unt., Prag	
17	25	—	Schuckert & Cie.	
18	22	—	S. & H.	
19	21	17	Union	
20	—	—	S. & H.	
21	8	7	S. & H.	
22	9	4	S. & H.	
23	—	—	Křižik	
24	4	—	Union	
25	28	—	Singer & Cie.	
26	—	—	Ges. f. el. Unt., Prag	
27	5	5	Singer & Cie.	
28	12	5	Křižik	
29	16	6	Křižik	
30	8	—	Schuckert & Cie.	
31	1	—	Schuckert & Cie.	
32	8	—	Ges. f. el. Unt., Prag	
33	9	—	Křižik	
34	—	—	S. & H.	
35	14	11	Int. El. Ges., Wien	1895 14 Wg. v. d. Union El. Ges. geliefert.
36	50	—	Union	
37	35	35	S. & H.	
38	40	—	Union	
39	30	—	Schuckert & Cie.	
40	6	—	Schuckert & Cie.	
1	20	6	Helios	
2	8	6	S. & H.	
3	33	6	A. E. G.	
1	—	—	Singer & Cie.	
2	35	—	Kummer	
3	17	9	Schuckert & Cie.	
4	58	10	A. E. G.	
5	12	—	Schuckert & Cie.	
6	30	30	A. E. G.	
7	36	30	A. E. G.	

Nr.	n	Erbaut von	Bemerkungen
8	Moskau . .	S. & H.	
9	Nishni-Nowg	Oerlikon	
10	Nishni-Nowg	S. & H.	
11	Riga . . .	Union	
12	Rostoff (Rost	Singer & Cie.	
13	Sebastopol .	Singer & Cie.	
14	Tammerfors	Kummer	Holzbahn. Torfbahn.
15	Witebsk . .	Schuckert & Cie.	

1	Altstätten .	Oerlikon	
2	Aubonne-All	Cie. de l'Ind. él., Genf	
3	Basel . . .	S. & H.	
4	Bez-Gryon-	Cie. de l'Ind. él., Genf	
5	Burgdorf-Tutw.	Brown, B. & Cie.	
6	Burgenstock	Cie. de l'Ind. él., Genf	(Elektrische Drahtseilbahn).
7	Carouge-Gen	Cie. de l'Ind. él., Genf	
8	Chaux de foı	Cie. de l'Ind. él., Genf	
9	Chavornay-(	Cie. de l'Ind. él., Genf	
10	Freiburg .	Cie. de l'Ind. él., Genf	
11	St. Gallen .	Oerlikon	
12	Genf (Ausstel	Cie. de l'Ind. él., Genf	
13	Genf-Saconn	Cie. de l'Ind. él., Genf	
14	Genf-Veyrieı	Cie. de l'Ind. él., Genf	
15	Gornergrat-lw.	Brown, B. & Cie.	
16	Jungfrau-Baw.	Brown, B. & Cie.	3 Wg. u. 2 Beiwg. v. Oerlikon.
17	Lausanne .	Cie. de l'Ind. él., Genf	
18	Lugano . .	Brown, B. & Cie.	
19	Luzern . .	Oerikon	
20	St. Moritz .	Schuckert & Cie.	
21	Mürren . .	Oerlikon	
22	Neuchâtel .	Oerlikon	
23	Neuchâtel-B	Oerlikon	
24	Rolle-Gimme	Cie. de l'Ind. él., Genf	
25	Salève . .	Cie. de l'Ind. él., Cenf	
26	Sissach . .	Oerlikon	
27	Stanserhorn	Cie. de l'Ind. el., Genf	
28	Stansstadt-Eg.	Brown, B. & Cie.	
29	Stansstadt-S	Cie. de l'Ind. él., Genf.	
30	Winterthur .	Rieter	
31	Zürich (Stad	Oerlikon	3,1 *km* noch im Bau.
32	Zürich (Berg	Oerlikon	
33	Zürich (Doli	Oerlikon	
34	Zürich-Hoen	Oerlikon	
35	Zürich-Indu	Oerlikon	
36	Zürich-Oerli	Oerlikon	

Feldmann, Ingen. **Clarence P. Wirkungsweise, Prüfung und** Berechnung der Wechselstrom-Transformatoren. Für die Praxis bearbeitet. gr. 8°. 480 Seiten. Mit 306 Abbildungen.
Brosch. ℳ 12.—, gebd. ℳ 13.—.

Inhalt: Das magnetische Feld und die Grundgesetze der Induktion. Selbstinduktion und Kapazität im Wechselstromkreise. Wirkungsweise und Wirkungsgrad der Wechselstromtransformatoren. Messinstrumente und Messmethoden der Wechselstromtechnik. Ueber die Prüfung des Eisens. Methoden zur Untersuchung von Transformatoren. Ueber die wahre Gestalt der periodischen Kurven der E M K und des Stromes. Berechnung der Transformatoren.

Heim, Prof. Dr. **Carl. Die Akkumulatoren für stationäre** elektrische Beleuchtungs-Anlagen. gr. 8°. 3. vermehrte Auflage. 116 Seiten. Mit 77 Abbildungen. Brosch. ℳ 3.—, geb. ℳ 4.—.

Inhalt: Wirkungsweise und Konstruktion der Akkumulatoren im allgemeinen. Beschreibung ausgeführter Konstruktionen von Akkumulatoren. Betrieb elektrischer Beleuchtungsanlagen mittels Akkumulatoren. Schaltungen für Akkumulatoren-Betrieb. Hilfsapparate. Aufstellung und Wartung der Akkumulatoren. Betriebsstörungen und deren Beseitigung. Kosten der Akkumulatoren nebst den Hilfsapparaten.

Heim, Prof. Dr. **Carl. Die Einrichtung elektrischer Beleuch**tungs-Anlagen für Gleichstrombetrieb. 3. umgearb. und vermehrte Auflage. gr. 8°. 620 Seiten. Mit 542 Abbildungen.
Brosch. ℳ 10.—, geb. ℳ 11.50.

Hauptkapitel-Überschriften: Einleitung. Erzeugung des Stromes: Die Dynamomaschine. Konstruktionen verschied. Dynamomaschinen. Betriebsmaschinen. Verbindung der Betriebsmaschine mit der Dynamomaschine. Aufspeicherung der Arbeit: Wirkungsweise der Akkumulatoren. Schaltungen für Akkumulatoren im Beleuchtungsbetriebe. Die elektrischen Lampen: Bogenlampen. Glühlampen. Leitung und Verteilung des Stromes: Die reine Hintereinanderschaltung. Die reine Parallelschaltung. Fernspannungsregulierung Berechnung der Leitungen. Konstruktion und Isolation der Leitungen. Verlegung der Leitungen. Hilfsapparate: Ausschalter. Umschalter. Zellenschalter. Sicherungen. Fassungen für Glühlampen. Steckkontakte. Vorschaltwiderstände. Regulierwiderstände. Spannungsmesser. Strommesser. Erdschluss-Anzeiger. Blitzschutz-Vorrichtungen. Tourenzähler. Die Messungen. Die Schalttafel. Zubehörteile. Der Betrieb. Betriebsstörungen: Der normale Betrieb. Wartung der Dynamomaschinen. Wartung der Akkumulatoren. Bedienung der Schalttafel. Betriebsstörungen und deren Beseitigung. Störungen an Dynamomaschinen. Störungen an Akkumulatoren. Störungen im Leitungsnetz. Störungen an der Schalttafel. Besondere Verhältnisse der an Centralstationen angeschlossenen Beleuchtungsanlagen: Hausanschlüsse. Elektricitätszähler. Projekt. Kosten: Projektierung einer Anlage für elektrische Beleuchtung. Über Beleuchtungsstärke, Verteilung und Anbringung der Lampen. Zeichnungen für die Installation. Ausführung der Arbeiten. Kosten der elektrischen Beleuchtung. Durchschnittspreise der einzelnen Teile elektrischer Beleuchtungsanlagen. Beispiele von Kostenberechnungen. Sicherheitsvorschriften für Starkstrom-Anlagen.

Es sind schon verschiedene Bücher über die Einrichtung elektrischer Beleuchtungs-Anlagen erschienen, das vorliegende Werk unterscheidet sich aber von denselben durch grössere Gründlichkeit und Ausführlichkeit; wenngleich die Darstellung eine durchaus verständliche ist, so ist sie nichtsdestoweniger auch streng wissenschaftlich. Das Werk enthält alle die Informationen, welche der Installateur elektrischer Beleuchtungsanlagen braucht; es kann aber nicht nur Installateuren, sondern auch Besitzern von elektrischen Beleuchtungsanlagen, Architekten und ähnlichen Interessenten auf das Angelegentlichste empfohlen werden.

Heinke, Docent Dr. **C. Die Grundvorstellungen über Elektricität** und deren technische Verwendung In Form eines Gespräches zwischen Laie und Fachmann. gr. 8°. 80 Seiten. Mit 24 Abbild. 2. verm. Auflage. Brosch. ℳ 1.50.

Das Werkchen hat den Zweck, dem Laien von der Elektrotechnik eine leicht fassliche Anleitung zu geben, wie er sich die einfachen elektrischen Vorgänge im wesentlichen vorzustellen hat. Diesen Zweck erfüllt das Buch ganz; denn es ist so klar und deutlich geschrieben, dass sogar derjenige, welcher nur sehr geringe Vorbildung hat, es versteht. Klare Skizzen erläutern noch den Text des Buches und wünschen wir demselben den verdienten Erfolg und weite Verbreitung.

(Häder's Zeitschrift für Maschinenbetrieb 1895, No. 15.)

Kapp, Ingen. **Gisbert. Elektrische Wechselströme. Autorisierte** deutsche Ausgabe von Hermann Kaufmann. 2. Auflage. Mit zahlr. Figuren. 8°. 92 Seiten. Brosch. ℳ 2.—, geb. ℳ 2.75.

Inhalt: I. Einleitung. II. Messung der Spannung, des Stromes und der Energie. III. Bedingung für Maximalleistung. IV. Wechselstrommaschinen. V. Mechanische Konstruktion der Wechselstrom-Dynamos. VI. Beschreibung einiger Wechselstrommaschinen-Typen. VII. Transformatoren. VIII. Wechselstrom-Centralstationen und Verteilung von Wechselströmen. IX. Beispiele ausgeführter Centralstationen. X. Parallelschalten von Wechselstrommaschinen. XI. Wechselstrommotoren. XII. Von selbst angehende Wechselstrommotoren. XIII. Mehrphasenströme.

Keil, stud. arch. nav., **P. Elektrische Schiffahrt. Darstellung** ihrer Geschichte und Entwickelung nebst Anleitung zur Einrichtung elektrischer Boote. gr. 8°. 64 Seiten. Mit 24 Abbild. Brosch. ℳ 1.80.

Inhalt: Anfänge der elektrischen Schiffahrt. Entwickelung der Akkumulatorenboote in England. Die Akkumulatorenboote in den Vereinigten Staaten. Die Akkumulatorenboote in Frankreich und Südeuropa. Die elektrische Schiffahrt in Deutschland. Elektrischer Fährbetrieb in Bergen. Moderne Akkumulatorenboote. Vorteile, Nachteile und Zukunft der elektrischen Schiffahrt. Anleitung zum Entwurf eines kleinen Akkumulatorenbootes.

Krämer, Ingenieur **Jos. Wirkungsgrade und Kosten elektrischer** und mechanischer Kraft-Transmissionen. Soll bei einer Fabrik-Neuanlage mechanische oder elektrische Transmission eingerichtet werden? Ist es empfehlenswert, bestehende Transmissionen durch elektrische zu ersetzen? Welches elektrische System soll angewendet werden? gr. 8°. 88 Seit. Mit 56 Abbild., Schemas u. einer Tafel. Brosch. ℳ 3.—.

Inhalt: Die verschiedenen Arten der Kraftübertragung. Krafttransmission mittels Gestänge, Riemen, Seile, Wasser, Luft, Drahtseil, Elektricität. Das Berechnen der Arbeitsleistungen und bezügliche Messungen. Einzel-Antrieb. Gruppen-Antrieb. Transportable Elektromotoren. Schaltung der Elektromotoren. Kosten. Betriebskosten. Systeme elektrischer Krafttransmission. Die Anwendung elektrischer Motoren bei verschiedenen Betrieben.

Krämer, Ingenieur **Jos. Konstruktion und Berechnung für** 12 verschiedene Typen von Dynamo-Gleichstrom-Maschinen für Maschinen-Ingenieure und Elektrotechniker. Mit 16 Tafeln, wovon 8 in Farbendruck, als Zeichenvorlagen bei Konstruktionsarbeiten, erläut. Text u. 36 Fig. Quer-Quart. Kart. ℳ 10.—.

Verzeichnis der Tafeln: 1. Schemata. 2. Zwölf verschiedene Eisengerüste 3. Gramme-Ringanker-Maschine, 65 Volt, 75 Ampère. 4. 5. Flachring-Maschine, 65 Volt-12 Ampère (Farbig). 6. Flachring-Maschine, 1000 Volt, 46 Ampère (Farbig). 7. Siemens-Trommel-Maschine, 110 Volt, 200 Ampère (Farbig). 8. Edison-Trommel-Maschine, 125 Volt, 400 Ampère. 9. 10. Lahmeyer-Trommel-Maschine, 65 Volt, 130 Ampère (Farbig). 11. 12. Schuckert-Flachring-Maschine, 720 Volt, 200 Ampère (Farbig), 13. Manchester-(Hopkinson-)Maschine, 110 Volt, 200 Ampère (Farbig). 14. Schorch; Ringanker-Maschine, 5 Volt, 25 Ampère. 15. Schuckert-Flachring-Compound-Maschine. 110 Volt, 363 Ampère. 16. Naglo-Typen: Trommel-Maschine, 110 Volt, 140 Ampère-Innenpol-Maschine, 100 Volt, 590 Ampère.

Krieg, Dr. **Martin. Taschenbuch der Elektricität. Ein Nachschlagebuch und Ratgeber für Techniker, Monteure, Industrielle und technische Lehranstalten.** 5. umgearbeitete Aufl. kl. 8⁰. 350 Seit. Mit 295 Abbildungen Geb. ℳ 4.—.

Inhalt: Die hauptsächlichsten Wirkungen und Gesetze des Magnetismus der Reibungselektrizität und des Galvanismus nebst den praktischen Masseinheiten der Elektrotechnik.

Die gebräuchlichsten elektrischen Messinstrumente und ihre Behandlung. Das Messen von Widerständen. Isolationsprüfer, Stromstärkemesser, Elektrodynamometer, Spannungs- und Stromsstärkemesser, Elektrizitätszähler, Registrierinstrumente.

Die elektrische Schwachstromtechnik. Die Haus- und Höteltelegraphie. Die elektrische Telegraphie. Die Telephonie. Die Herstellung und Prüfung der Blitzableiter. Die elektrische Starkstromtechnik Die Dynamomaschinen. Die Elektromotoren. Die Transformatoren. Die elektrischen Lampen. Die elektrischen Leitungen und ihre Installationsweisen. Die Hilfsapparate. Die Akkumulatoren. Die elektrische Metallplattierung und Galvanoplastik Elektrisches Kochen und Heizen. Die Antriebsmotoren für elektrische Starkstromanlagen und die mechanischen Hilfsapparate. Vorschriften, Tabellen und Litteraturverzeichnis. Namen- und Sachregister.

Beilage: Farben, wie solche in der Elektrotechnik Anwendung finden. Bezugsquellen elektrischer Maschinen und Instrumente. Verzeichnis empfehlenswerter Bücher.

Krüger, E. A. Die Herstellung der elektrischen Glühlampe. Nach in den verschiedensten Glühlampen-Fabriken gesammelten praktischen Erfahrungen gemeinverständlich erörtert. Zum praktischen Gebrauch für Fabrikanten, Ingenieure, Techniker, Installateure, Monteure und Konsumenten. gr. 8⁰. 103 Seit. Mit 72 Abbildungen und 5 Tafeln. Brosch. ℳ 3.—, geb. ℳ 3.50.

Inhalt: Konstruktion. Gestalt der Glühlampen, die bekanntesten Kontakte und Fassungen. Die Fabrikation der Glühlampe. Das Lager. Das Eingipsen der Lampen und Anlöten der Kontakte. Das Färben und Ätzen der Glühlampe. Tabellen.

Le Blanc, Professor Dr. **Max. Lehrbuch der Elektrochemie.** gr. 8⁰. 226 Seiten. Mit 32 Fig. Brosch. ℳ 4.80, geb. ℳ 5.80.

Hauptkapitel-Überschriften: I Einführung. Grundbegriffe der Elektricitätslehre. II. Entwickelung der Elektrochemie bis zur Gegenwart. III. Theorie der elektrolytischen Dissociation von Arrhenius. IV. Wanderung der Ionen. V. Leitfähigkeit der Elektrolyte. VI. Elektromotorische Kräfte. Konzentrationsketten. Flüssigkeitsketten. Allgemeine Betrachtungen über Konzentrations- und Flüssigkeitsketten. Thermoketten. Spannungsgesetze. Chemische Ketten. Bestimmung einzelner Potentialunterschiede. Ketten, bei denen die Ionen liefernden Stoffe nicht Elemente sind. Potentialdifferenz zwischen festem und flüssigem Metall. Polarisation. Anhang. Die gebräuchlichen galvanischen Elemente. Die Akkumulatoren.

Liebetanz, Fr. Gesetzliche Vorschriften über Herstellung und Benutzung von Acetylen nebst den Bestimmungen der Feuerversicherungs-Gesellschaften, Unfallverhütungs-Vorschriften und Transport-Bestimmungen für Calciumcarbid und Acetylen. Mit Anhang: Zolltarif für Calciumcarbid und Acetylenapparate. gr. 8⁰. 92 Seiten. Brosch. ℳ 2.—.

Rühlmann, Prof. Dr. **Richard. Grundzüge der Elektrotechnik.** Eine gemeinfassliche Darstellung der Grundlagen der Starkstrom-Elektrotechnik für Ingenieure, Architekten, Industrielle, Militärs, Techniker und Studierende an technischen Mittelschulen. gr. 8⁰. 450 Seiten. Mit 226 Abbildungen. Brosch. ℳ 12.—, geb. ℳ 13.—.

Inhalt: I. Teil. **Die elektrotechnisch wichtigen Erscheinungen und deren Messung:** Grundbegriffe und Grundgesetze der Elektricität. Wärmewirkungen des elektrischen Stromes. Chemische Wirkungen des elektrischen Stromes. Magnetische Erscheinungen. Elektromagnetische Erscheinungen. Elektrodynamische Wirkungen der Ströme. Induktionserscheinungen. Absolutes Masssystem. Messung der Stromstärke. Spannungsmessungen. Messung der elektrischen Arbeit und Leistung. Elektricitätszähler. Widerstandsmessungen. Messung der Lichtstärke. Messung der Stärke von Magnetfeldern. Messung der Induktionskoëffizienten. Messung der mechanischen Leistung.

II. Teil. **Die Elektricitätsquellen:** Galvanische Elemente. Schaltungen an dynamoelektrischen Maschinen. Theorie der Gleichstrommaschinen. Berechnung von Gleichstrommaschinen, die als Stromerzeuger dienen. Gleichstrommaschinen als Motoren. Einzelheiten des Baues von Dynamomaschinen. Gleichstrommaschinen mit offenem Anker. Akkumulatoren.

Rühlmann, Prof. Dr. **Richard. Grundzüge der Wechselstrom-**Technik. Eine gemeinfassliche Darstellung der Grundlagen der Elektrotechnik der Wechsel- u. Mehrphasenströme für Ingenieure, Architekten, Industrielle, Militärs, Techniker und Studierende an technischen Mittelschulen. Zugleich Ergänzungsband zu: Grundzüge der Elektrotechnik der Starkströme. gr. 8⁰. 359 Seit. Mit 261 Abbildungen und 1 Tafel

Brosch. ℳ 11.50, geb. ℳ 13.—.

Hauptkapitel-Überschriften: Allgemeine Bemerkungen über den Wechselstrom. Wechselstromkreise mit Widerstand, Selbstinduktion und Kapacität. Besondere Wirkungen der Wechselströme. Allgemeines über Wechselstrommaschinen. Die Einrichtungen einiger gebräuchlicher Wechselstrommaschinen. Wechselstrommaschinen für Mehrphasenströme. Transformatoren. Wechselstrommotoren und Zweiphasenmotoren. Die Drehstrommotoren, Messungen an Wechselströmen und Wechselstromapparaten. Regelung und Verteilung der Wechselströme.

Sack, J., Telegr.-Direktor. **Elektrotechnisches Wörterbuch.** Englisch-Deutsch; Französisch-Deutsch; Deutsch-Englisch-Französisch, mit Zusätzen versehen von Ing Arthur Wilke. gr. 8⁰. 123 Seiten. Brosch. ℳ 4.50, geb. ℳ 5.—

Ueber die Bedürfnisfrage eines solchen Lexikons kann kein Zweifel bestehen, da man die Terminologie auf dem Gebiete der Elektrotechnik vergebens in den derzeit bestehenden allgemeinen Wörterbüchern annähernd vollständig suchen wird. Freilich wird bei der starken Wortbildung, welche in der Elektrotechnik stattfindet, eine periodische Ergänzung des Werkes unentbehrlich werden, indess bleibt der hohe Wert des Werkchens, das ja eine sicher schon für viele recht fühlbare Lücke ausfüllt, dadurch unberührt. Die Zahl der aufgenommenen Ausdrücke beträgt im Mittel für jede Sprache etwa 1400, was für die weitaus meisten Fälle, in denen das Wörterbuch benutzt werden soll, ausreichend ist. Das treffliche Buch kann nur aufs wärmste empfohlen werden. *(Technische Revue 1895.)*

Wilke, Ingen. **Arthur. Über die gegenseitigen Beeinflussungen der Fernsprechleitungen nach Müller's Theorie.** gr. 8°. 69 Seiten. Mit 39 Abbildungen. Brosch. ℳ 1.—.

Wilke, Ingen. **Arthur. Der elektrotechnische Beruf. Eine kurz**gefasste Darstellung des Bildungsganges und der Aussichten des Elektrotechnikers, des Elektrochemikers und der elektrotechnischen Gewerbetreibenden. Zweite vermehrte Auflage. gr. 8°. 133 Seiten. Brosch. ℳ 2.25.

Inhalt: Was ist Elektrotechnik? Was ist ein Elektrotechniker? Was hat der Elektrotechniker zu leisten? Welche Kenntnisse muss der Elektrotechniker haben? Wie wird man Elektrotechniker? Notwendige Nebenkenntnisse. Welche Aussichten hat der Elektrotechniker? Der Elektrochemiker. Der Galvanotechniker. Kleininstallateur. Der elektrotechnische Monteur. Der Kaufmann in der Elektrotechnik. Nachweis über die Anstalten für Ausbildung der Elektrotechniker.

LEIPZIG, OSKAR LEINER. 47273